

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-019184

(43)Date of publication of application : 17.01.1997

(51)Int.Cl.

H02P 6/16

(21)Application number : 07-165060

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.06.1995

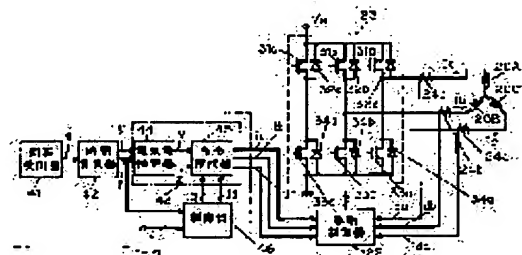
(72)Inventor : GOTO MAKOTO
NARASAKI KAZUNARI
IJIMA TOMOKUNI

(54) BRUSHLESS MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a brushless motor to which sine wave driving currents are supplied by using a simple rotation detector.

CONSTITUTION: A field part consisting of rotor permanent magnets, the 3-phase driving windings 20A, 20B and 20C of a stator, a group of driving transistors supplying power to the driving windings, a driving command unit 43 which generates sine wave command signals and a driving unit which supplies sine wave driving currents to the driving windings are provided. The driving command unit is composed of a time measuring instrument 42 which measures a timing interval inversely proportional to the revolution of a rotor by the pulse signal of a rotation detector 41 and a driving command generating unit 45 which changes an estimated electric angle at every timing interval in response to the measured result of the time measuring instrument and generates a sine wave driving command signal corresponding to the estimated electrical angle.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3397007

[Date of registration] 14.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-19184

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月17日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 2 P 6/16

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 P 6/02

技術表示箇所

3 4 1 N

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平7-165060

(22) 出願日 平成7年(1995) 6月30日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 後藤 誠

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 檜崎 和成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 飯島 友邦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

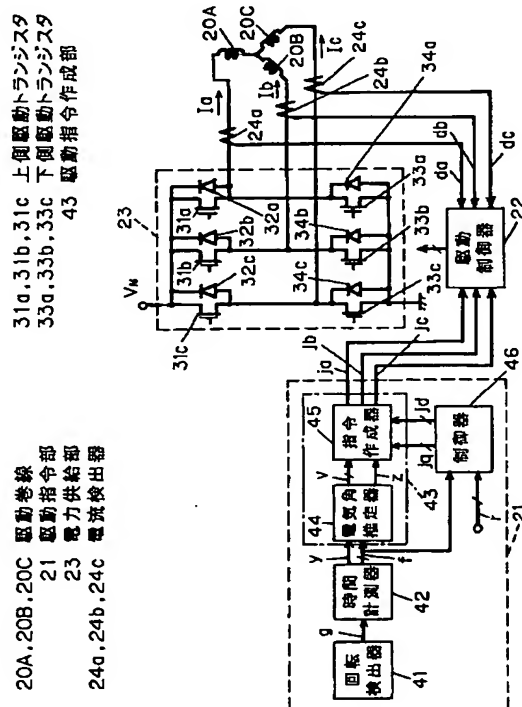
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータ

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、簡単な回転検出器を用いて正弦波状の駆動電流を供給するブラシレスモータを提供することを目的とする。

【構成】 ロータ永久磁石12による界磁部と、ステータの3相の駆動巻線20A, 20B, 20Cと、駆動巻線に電力を供給する駆動トランジスタ群と、正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令部43と、駆動指令信号に応動した正弦波状の駆動電流を駆動巻線に供給する駆動部とを具備し、駆動指令部は、回転検出器41のパルス信号よりロータの回転速度に反比例したタイミング間隔を計測する時間計測器42と、時間計測器の計測結果に応動した時間間隔毎に推定電気角を変化させ、推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令作成部43から構成されたブラシレスモータ。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いて P 極（ここに、P は 2 以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交する K 相（ここに、K は 2 以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、前記ロータの回転を検知して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動指令信号に応動して前記駆動手段を駆動制御し、正弦波状の駆動電流を前記駆動巻線に供給する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記タイミング間隔よりも短い時間間隔であって、前記時間計測手段の計測結果に応動した前記時間間隔毎に推定電気角を変化させ、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する駆動指令作成手段とを含んで構成されたブラシレスモータ。

【請求項 2】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 3】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段と、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 4】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段と、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおいて前記推定電気角を所定値に補正するズレ補正手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 5】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段と、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段を含んで構成され

2

た請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 6】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段と、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段と、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 7】駆動指令手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号により駆動指令信号を作成する起動用駆動指令作成手段も含んで構成された請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 8】駆動指令手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に応動するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 9】ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いて P 極（ここに、P は 2 以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交する K 相（ここに、K は 2 以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、前記ロータの回転を検知して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得て、前記駆動指令信号と前記電流帰還信号の比較結果に応じて前記駆動手段を駆動制御する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する指令作成手段と、前記回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量にのいずれかに応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成されたブラシレスモータ。

【請求項 10】駆動指令手段は、さらに、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段も含んで構成された請求項 9 記載のブラ

シレスモータ。

【請求項 1 1】駆動指令手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号により駆動指令信号を作成する起動用駆動指令作成手段も含んで構成された請求項 9 から請求項 1 0 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 2】駆動指令手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に反応するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項 9 から請求項 1 1 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 3】ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いて P 極（ここに、P は 2 以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交する K 相（ここに、K は 2 以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、電流指令信号を作成する電流指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得る電流検出手段と、前記電流指令信号と前記電流帰還信号を入力し、誤差検出動作を行う変換比較手段と、前記変換比較手段の出力信号に応じて前記駆動手段を駆動制御し、前記駆動巻線に正弦波状の駆動電流を供給する駆動手段とを具備し、前記変換比較手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に反応した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に反応して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角を用いて前記電流帰還信号を座標変換した変換帰還信号を得る変換帰還手段と、前記変換帰還信号と前記電流指令信号の比較結果に反応する制御信号を得る制御作成手段と、前記推定電気角を用いて前記制御信号を座標変換した変換制御信号を得る変換制御作成手段と、前記変換制御信号に反応した前記出力信号を得る出力作成手段も含んで構成されたブラシレスモータ。

【請求項 1 4】変換比較手段は、さらに、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段も含んで構成された請求項 1 3 記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 5】変換比較手段は、さらに、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおいて推定電気角を所定値に補正するズレ補正手段も含んで構成された請求項 1 3 記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 6】変換比較手段は、さらに、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段も含んで構成された請求項 1 3 から請求

項 1 5 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 7】変換比較手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号に反応して変換比較手段の出力信号を変化させる手段も含んで構成された請求項 1 3 から請求項 1 6 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 1 8】変換比較手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に反応するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項 1 3 から請求項 1 7 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、モータの回転に同期して正弦波状の駆動電流を供給するブラシレスモータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ロータの回転位置を検出して駆動巻線への電流を切り換えて、所定方向への回転駆動を行うブラシレスモータが多く使用されている。

【0003】図 2 3 に従来のブラシレスモータの構成を示す。ロータ磁石 5 0 1 と同軸上に設けられた光学ロータリーエンコーダからなる位置検出器 5 0 2 は、発光ダイオード 5 0 3 a, 5 0 3 b, 5 0 3 c とフォトトランジスタ 5 0 4 a, 5 0 4 b, 5 0 4 c による 3 組のフォトカップラーの間に光学スリット 5 0 5 を設けられ、ロータ磁石 5 0 1 の回転に伴って光学スリット 5 0 5 の位置が変化し、フォトトランジスタ 5 0 4 a, 5 0 4 b, 5 0 4 c の出力を変化させる。フォトトランジスタ 5 0 4 a, 5 0 4 b, 5 0 4 c の出力電流は抵抗 5 0 7 a, 5 0 7 b, 5 0 7 c によって 3 相の検出電圧に変換される。コンパレータ 5 1 0 a, 5 1 0 b, 5 1 0 c はそれぞれの検出電圧と基準電圧源 5 0 8 の基準電圧を比較し、3 相のデジタル信号を作り出す。コンパレータ 5 1 0 a, 5 1 0 b, 5 1 0 c の出力デジタル信号は、それぞれ増幅器 5 1 1 a, 5 1 1 b, 5 1 1 c によって電力増幅され、3 相の駆動巻線 5 2 0 a, 5 2 0 b, 5 2 0 c に加えられる。

【0004】ロータ磁石 5 0 1 の回転に伴って光学スリット 5 0 5 の位置が変化し、コンパレータ 5 1 0 a, 5 1 0 b, 5 1 0 c の出力デジタル信号が変化する。その結果、駆動巻線 5 2 0 a, 5 2 0 b, 5 2 0 c に加えられる駆動電圧が切り替わり、所定方向へのトルクを持続的に発生する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来の構成では、下記のごとき問題があった。

【0006】第 1 に、従来の構成では、ロータの回転位置を検出する比較的簡単な位置検出器を用いているために、駆動巻線への電力供給が矩形波電圧によってなされ

5

ている。その結果、巻線インダクタンスによる電流歪みが生じ、駆動トルクの変動が大きかった。また、デジタル的な電圧切換による電流歪みは、モータ振動や騒音の原因になり、大きな問題となっていた。

【0007】第2に、位置検出器に使用している光学ロータリーエンコーダは、3組の発光ダイオード・フォトトランジスタと光学スリットを用いているために、部品点数及び配線数が多く、製造が著しく煩雑であった。また、ロータ磁石や駆動巻線の近傍に配置される位置検出用の部品は、温度が高く、塵埃の多い劣悪な環境で用いられるために、部品数は極力少ないことが好ましい。

【0008】本発明の主たる目的は、上記の従来の第1の問題点を解決するもので、簡単な回転検出器を用いて正弦波状の駆動電流を供給するブラシレスモータを提供することを目的とする。また、本発明の従たる目的は、上記の第1および第2の問題点を解決するもので、非常に簡素化された回転検出器を用いて正弦波状の駆動電流を供給するブラシレスモータを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、前記ロータの回転を検出して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動指令信号に応動して前記駆動手段を駆動制御し、正弦波状の駆動電流を前記駆動巻線に供給する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転速度に反比例したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記タイミング間隔よりも短い時間間隔であって、前記時間計測手段の計測結果に応動した前記時間間隔毎に推定電気角を変化させ、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する駆動指令作成手段とを含んで構成したものである。

【0010】また、この目的を達成するための具体的な構成では、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、前記ロータの回転を検出して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得て、前記駆動指令信号と前記電流帰還信号の比較結果に応じて前記駆動手段を駆動制御する駆動手段と

6

を具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転速度に反比例したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する指令作成手段と、前記回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成したものである。

【0011】また、この目的を達成するための他の具体的な構成では、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する駆動手段と、電流指令信号を作成する電流指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得る電流検出手段と、前記電流指令信号と前記電流帰還信号を入力し、誤差検出動作を行う変換比較手段と、前記変換比較手段の出力信号に応じて前記駆動手段を駆動制御し、前記駆動巻線に正弦波状の駆動電流を供給する駆動手段とを具備し、前記変換比較手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角を用いて前記電流帰還信号を座標変換した変換帰還信号を得る変換帰還手段と、前記変換帰還信号と前記電流指令信号の比較結果に応動する制御信号を得る制御作成手段と、前記推定電気角を用いて前記制御信号を座標変換した変換制御信号を得る変換制御作成手段と、前記変換制御信号に応動した前記出力信号を得る出力作成手段を含んで構成したものである。

【0012】

【作用】この構成によって、回転検出手段のパルス信号だけを用いて、ロータの回転に同期した時間間隔で逐次新しい推定電気角を得て、この推定電気角を用いた駆動指令信号の作成もしくは座標変換を行って、推定電気角に対応した正弦波状の駆動電流を供給している。従って、ロータの回転速度が速い場合であっても、遅い場合であっても、正確な電気角の推定ができ、回転位置に同期した正弦波状の駆動電流の供給が実現できる。このように、正弦波状の駆動電流を駆動巻線に供給するように

しているので、駆動電流は滑らかに変化し、巻線インダクタンスによる電流歪みは著しく少なくなる。その結果、トルク変動の少ない均一な駆動トルクを得て、モータは滑らかに回転駆動され、モータ振動や騒音も大幅に小さくなる。また、回転検出手段のパルス信号は、必ずしも3相分必要ではなく、たとえば、1個であっても本発明を構成可能である。その結果、駆動巻線の近傍に設けられる部品数が大幅に少なくなり、簡素な回転検出手段を採用できる。なお、本発明に記載の電気角は界磁部の2極分を360度に対応させたものである。また、本発明に記載の正弦波状の駆動指令信号や駆動電流は、推定電気角の変化に対して駆動指令信号や駆動電流が正弦波状に変化することを意味している。

【0013】

【実施例】

(実施例1) 以下、本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0014】図1から図7に本発明の第1の実施例のブラシレスモータを示す。図2に第1の実施例のモータ構造を示す。4極の界磁磁極の磁束を発生するロータ永久磁石12は、内側磁路を形成する強磁性体の内側ヨーク11と一緒にロータ回転軸10に固着されている。永久磁石12は等角度間隔(90度)もしくは略等角度間隔に4極の磁極(N, S, N, S)を有し、外周面側に強磁性体の外側ヨーク13が固着されている。外側ヨーク13は、永久磁石12の磁極面を覆う位置に磁束磁路を形成するヨークブロック13a, 13b, 13c, 13dを有し、この4つのヨークブロックの機械的な連結部分は径方向の厚さが非常に薄く、磁気飽和が生じて磁気的には分離している。すなわち、ヨークブロックの連結部分を直接通る磁束は非常に少なく無視できる。回転軸10と内側ヨーク11と永久磁石12と外側ヨーク13が一体化されてロータを形成し、ロータの永久磁石12による発生磁束を用いて4極の界磁磁極を有する界磁部を形成している。

【0015】ステータ鉄心14は、12個の突極を等角度間隔(30度)もしくは略等角度間隔に設けられ、3個の突極を巻回するように各駆動巻線A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4が位相をずらせて巻装されている。駆動巻線A1, A2, A3, A4は電流方向が順次逆になるように直列接続され、第1相の駆動巻線20Aを形成している。同様に、駆動巻線B1, B2, B3, B4は電流方向が順次逆になるように直列接続され、第2相の駆動巻線20Bを形成している。さらに、駆動巻線C1, C2, C3, C4は電流方向が順次逆になるように直列接続され、第3相の駆動巻線20Cを形成している。

【0016】界磁部の永久磁石12の発生磁束はヨークブロック13a, 13b, 13c, 13dを通してステータ鉄心14の各突極に流入し、各駆動巻線と鎖交す

る。永久磁石12による鎖交磁束に関して、第1相と第2相と第3相の駆動巻線間にはそれぞれ電気角で120度の位相差がある。なお、本実施例では、機械角度180度(2極分の機械角度)が電気角の360度に相当する。

【0017】ステータ鉄心14の一部には検出素子17が配置され、ロータに取り付けられた永久磁石12の発生磁束を検知し、その磁束密度に応じた電気信号を発生する。検出素子17には、たとえば、ホール素子や磁気バイアスされた磁気抵抗素子や過飽和リアクトルなどが使用される。

【0018】図1に第1の実施例のブラシレスモータの回路構成を示す。図1において、20A, 20B, 20Cは前述の3相の駆動巻線、21は駆動指令部、22は駆動制御器、23は電力供給部、24a, 24b, 24cは電流検出器である。電力供給部23は、上側駆動トランジスタ31a, 31b, 31cと上側ダイオード32a, 32b, 32cと下側駆動トランジスタ33a, 33b, 33cと下側ダイオード34a, 34b, 34cを含んで構成されている。ここでは、駆動トランジスタ31a, 31b, 31c, 33a, 33b, 33cにMOS形のトランジスタを使用している。また、駆動指令部21は、回転検出器41と時間計測器42と駆動指令作成部43(電気角推定器44と指令作成器45)と必要に応じて制御器46を含んで構成されている。

【0019】駆動指令部21の回転検出器41は、検出素子17の出力信号を用いて、ロータの回転速度に比例した周波数のパルス信号gを発生する。図3に回転検出器41の構成例を示す。検出素子17の出力信号eは、ローパス形もしくはバンドパス形の増幅回路51により振幅増幅され、整形回路52によりパルス信号gに波形整形される。検出素子17は、ロータに取り付けられた永久磁石12の磁束を検出するようにしているので、パルス信号gはロータの回転に同期して変化し、2極分の回転によって1パルスが発生する。すなわち、電気角360度分の回転によって1パルスが生じている。また、パルスの変化時点は、検出素子17が永久磁石12の磁極の切り替わり位置に対向する時点に対応している。

【0020】時間計測器42は、回転検出器41の出力パルス信号gを入力し、ロータの回転速度に反比例して変化するパルス信号gの発生タイミング間隔を計測する。図4に時間計測器42の構成例を示す。第1微分回路61はパルス信号gの立ち下がりエッジをトリガとして所定時間幅"H"(高電位状態)になる第1微分パルスyを発生し、第2微分回路62は第1微分パルスyの立ち下がりエッジをトリガとして所定時間幅"H"となる第2微分パルスyを発生する。第1カウンタ回路64は第2微分パルスyの発生によってリセットされ、その後に第1クロック回路63のクロックパルスck1をクロックとしてカウントアップする。第1カウンタ回路64のカ

ウント値は、第1微分回路61の第1微分パルスの発生時点において第1ラッチ回路65にラッチされ、このラッチ値を時間計測器42の出力信号fとして出力する。これにより、第1ラッチ回路65の出力信号fはパルス信号gの発生タイミング間隔に対応した時間計測結果になっている。

【0021】駆動指令作成部43は電気角推定器44と指令作成器45によって構成され、時間計測器42の計測結果信号fを入力してロータ回転位置に対応した電気角を推定し、推定電気角を用いた3相の正弦波状の駆動指令信号ja, jb, jcを出力する。また、駆動指令信号ja, jb, jcの振幅は制御器46の電流指令信号jq, jdに依拠して変化する。図5に電気角推定器44の構成例を示す。図5の乗算回路71は、時間計測器42の計測結果信号fと後述する補正係数回路78の補正信号n（ほぼ1に等しい）を掛け合わせる。第2ラッチ回路72は、乗算回路71の乗算信号を第2微分パルスyの発生によってラッチする。第2カウンタ回路74は、第2クロック回路73のクロックパルスck2をクロックとしてカウントダウンし、そのカウント値が零になった時点において所定時間幅の内部タイミング信号z（零検出パルス）を出力し、次のクロックパルスck2の到来時点において第2ラッチ回路72のラッチ値を第2カウンタ回路74にロードし、その後、カウントダウン動作を継続する。第2カウンタ回路74は、カウント値が零になる毎に前述の動作を繰り返し、第2ラッチ回路72のラッチ値に応じた時間間隔で内部タイミング信号z（零検出パルス）を出力する。第2クロック回路73のクロックパルスck2は第1クロック回路63のクロックパルスck1よりも所要倍速く変化する。本実施例では、説明のために（ck2のクロック周波数）／（ck1のクロック周波数）＝12にしている（この比率は大きいほど良く、36以上が好ましい）。その結果、第2カウンタ回路74は時間計測器42の検出タイミング間隔（パルス信号gの発生タイミング間隔）のおよそ1／12の時間間隔毎に内部タイミング信号zを出力する。第3カウンタ回路75は、内部タイミング信号zをクロックとしてカウントアップしていく。第3カウンタ回路75のカウント値vが第2設定値v2になると、第2設定値検出回路77が動作し、次の内部タイミング信号zの発生時点において第3カウンタ回路75に第1設定値出力回路76の第1設定値v1をロードさせる。その後、内部タイミング信号zの発生により順次カウントアップしていく。その結果、第3カウンタ回路75は第1設定値v1から第2設定値v2の間をカウントし、推定電気角に相当するカウント値vを出力する。本実施例では、説明のために、電気角換算で $v1 = -180^\circ$ 、 $v2 = 180^\circ - (1 \text{ ステップ分}) = 150^\circ$ にしている。

【0022】補正係数回路78は、第3カウンタ回路75のカウント値vから補正信号nを求めている。補正信

号nを使用するタイミングは、第2ラッチ回路72を動作させる第2微分パルスyの発生時点であるから、このときの補正信号nについて説明する。補正係数回路78は、第3カウンタ回路75のカウント値v（電気角換算）が零に等しいときには補正信号nを1にし、カウント値vが負の時には電気角360度に対する比に依拠する負値kを補正値として補正信号nを（1+k）にし、カウント値vが正の時には電気角360度に対する比に依拠する正値kを補正値として補正信号nを（1+k）にしている。これにより、第2微分パルスyの発生時点におけるカウント値v（推定電気角）の所定値（零）からのズレ量v3を検出し、ズレ量v3に対応した補正信号nを得て、時間計測器42の計測出力信号fに乗算補正をかけ、第2ラッチ回路72に格納保存する。第2ラッチ回路72のラッチ値は第2カウンタ回路74のサイクル時間間隔（内部タイミング信号zの発生時間間隔）を決めるデータになるので、補正係数回路78の補正信号nによって内部タイミング信号zの発生時間間隔を補正している。

【0023】図8に回転検出器41と時間計測器42と電気角推定器44の主要部分の動作関係を説明する信号波形を示す（アナログ波形に直して示した）。検出素子17によるロータ永久磁石12の磁束検出信号（図8(a)）は、回転検出器41において波形整形され、パルス信号g（図8(b)）として出力される。時間計測器42の第1カウンタ回路64は、パルス信号gの立ち下がりエッジの発生タイミング間隔をデジタル的に計測し（図8(c)）、その計測結果である第1ラッチ回路65の出力信号fを得る。電気角推定器44の第2カウンタ回路74は、時間計測器42の計測結果信号fに依拠した第2ラッチ回路72のラッチ値をロード値として周期的にカウントダウンを行い（図8(d)）、カウント値が零になる毎に内部タイミング信号z（零検出パルス）を作り出す。内部タイミング信号zの発生毎に推定電気角に相当する第3カウンタ回路75のカウント値（図8(e)）を変化させ、電気角信号vとして出力する。パルス信号gの立ち下がりエッジ発生時点における推定電気角と所定値（零）とのズレ量v3を検出し、このズレ量v3に応じた補正信号nを時間計測器42の計測結果信号fに乗算し、その乗算結果を第2ラッチ回路72にラッチさせている。その結果、第2カウンタ回路74による内部タイミング信号zの発生時間間隔がズレ量v3に応じて補正される。すなわち、推定電気角が遅れている場合（ $v3 < 0$ ）には内部タイミング信号zの発生時間間隔を短くなるように補正し、推定電気角が進んでいる場合（ $v3 > 0$ ）には内部タイミング信号zの発生時間間隔を長くなるように補正している。その結果、次のパルス信号gの立ち下がりエッジ発生時点におけるズレ量は零もしくは小さくなる。これにより、ロータの回転位置を示すパルス信号gに同期した第3カウンタ回路75

11

のカウンタ信号v（推定電気角に対応）が得られる。

【0024】指令作成器45は、カウンタ信号vと内部タイミング信号zおよび電流指令信号jq, jdが入力され、3相の正弦波状の駆動指令信号ja, jb, jcが出力される。指令作成器45はマイクロコンピュータによって構成され、図6に示したフローチャートの演算処理を行う。

(1) 割り込み開始処理80

内部タイミング信号zの発生によって、下記の割り込み処理を行う。

(2) 入力処理81

カウンタ信号vと電流指令信号jq, jd（2相の電流指令信号）を入力する。

(3) 2相回転・静止変換処理82

カウンタ信号vから位相あわせを行った変換用電気角wを計算する。

$$【0025】 w = k0 \cdot (v + v0)$$

ここに、k0は比例係数、v0は位相シフト値である。次に、下記の（数1）により回転座標系と静止座標系の間の座標変換を行い、2相の電流指令信号jq, jdに比例し、電気角wの座標変換をした変換電流指令信号hq, hdを求める。なお、変換電流指令信号hq, hdは、電気角で90度の位相差を有する2相信号になっている。

【0026】

【数1】

$$\begin{bmatrix} hd \\ hq \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos w & -\sin w \\ \sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} jd \\ jq \end{bmatrix}$$

【0027】 (4) 2相・3相変換処理83

2相の変換電流指令信号hq, hdから3相の駆動指令信号ja, jb, jcを下式により求める。

【0028】

【数2】

$$\begin{bmatrix} ja \\ jb \\ jc \end{bmatrix} = Jo \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} hd \\ hq \end{bmatrix}$$

【0029】ここに、Joは比例定数である。なお、この2相・3相変換処理によって得られる駆動指令信号ja, jb, jcは、電気角で120度ずつの位相差を有する3相信号になっている。

(5) 出力処理84

駆動指令信号ja, jb, jcをDA変換して出力する。

(6) 終了処理85

割り込み処理を終了する。

【0030】制御器46は、2相の電流指令信号jq, jdを指令作成器45に与えている。本実施例では、速

12

度指令信号rと時間計測器42の計測結果信号fを比較して、その差を零にするように所定の速度制御演算を行って電流指令信号jq, jdを得ている。前述の図6のフローチャートに示したように、指令作成器45の駆動指令信号ja, jb, jcの振幅は、電流指令信号jq, jdに比例して変化する。

【0031】駆動制御器22は、駆動指令信号ja, jb, jcと電流帰還信号da, db, dcをそれぞれ比較し、駆動指令信号に対応した駆動電流Ia, Ib, Icをそれぞれ駆動巻線20A, 20B, 20Cに供給するように、駆動トランジスタ群をPWM制御（パルス幅変調制御）する。図7に駆動制御器22の構成および電力供給部23や駆動巻線20A, 20B, 20Cとの接続を示す。駆動制御器22は、差動増幅回路91a, 91b, 91cとコンパレータ92a, 92b, 92cと三角波発生回路93によって構成されている。差動増幅回路91aは、駆動指令信号jaと電流検出器24aの電流帰還信号daとの差信号を増幅出力する。コンパレータ92aは、差動増幅回路91aの出力と三角波発生回路93の所定周波数（20kHz程度）の三角波信号とを比較し、PWM信号（パルス幅変調信号）を作り出す。コンパレータ92aのPWM信号は上側駆動トランジスタ31aと下側駆動トランジスタ33aをオン・オフ駆動し、上側ダイオード32a, 下側ダイオード34a及び駆動巻線によって平滑化された駆動電流Iaを駆動巻線20Aに供給する。従って、電流検出器24aと差動増幅回路91aとコンパレータ92aと駆動トランジスタ31a, 33aとダイオード32a, 34aと駆動巻線によってフィードバックループが構成され、駆動電流Iaは駆動指令信号jaに比例もしくは略比例した正弦波状の電流になる。同様に、電流検出器24bと差動増幅回路91bとコンパレータ92bと駆動トランジスタ31b, 33bとダイオード32b, 34bと駆動巻線によってフィードバックループが構成され、駆動電流Ibは駆動指令信号jbに比例もしくは略比例した正弦波状の電流になる。さらに、電流検出器24cと差動増幅回路91cとコンパレータ92cと駆動トランジスタ31c, 33cとダイオード32c, 34cと駆動巻線によってフィードバックループが構成され、駆動電流Icは駆動指令信号jcに比例もしくは略比例した正弦波状の電流になる。

【0032】本実施例に示したように、回転検出器と時間計測器と電気角推定器と指令作成器により推定電気角を得て、推定電気角に対応した3相の正弦波状の駆動指令信号ja, jb, jcを作りだし、駆動指令信号ja, jb, jcに比例した3相の正弦波状の駆動電流Ia, Ib, Icを駆動巻線20A, 20B, 20Cに供給するならば、トルク変動の少ない均一なトルクを得ることができる。これについて説明する。発生トルクは各相の駆動電流Ia, Ib, Icと永久磁石12の磁束との相互

13

作用によって発生し、通常、永久磁石12の発生磁束密

$$\begin{aligned} \text{Tor} &= K_r \cdot \{ \sin w \cdot \sin(w + w_1) + \sin(w - 120) \cdot \sin(w + w_1 - 120) \\ &\quad + \sin(w - 240) \cdot \sin(w + w_1 - 240) \} \\ &= (3/2) \cdot K_r \cdot \cos w_1 \end{aligned}$$

となり、均一な駆動トルクTorを得ることができる（ここに、 w_1 は電流と磁束密度の位相ズレに相当している）。従って、モータ振動や騒音は極めて小さくなる。

【0033】また、本実施例に示したように、ロータの回転に同期して変化するパルス信号の発生タイミング間隔を計測し、この計測結果に応動した時間間隔毎に推定電気角を変化させ、推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を発生させるならば、極めて簡素な検出素子（1個の検出素子）を用いていながら、ロータの回転に同期して滑らかに変化する正弦波状の駆動指令信号を得ることができる。

【0034】さらに、本実施例に示したように、パルス信号のエッジ発生時点における推定電気角と所定値とのズレ量を検出し、このズレ量に基づいて内部タイミング信号の発生時間間隔を補正するならば、推定電気角を徐々に補正して、ロータの回転に同期した値に一致させることができる。その結果、駆動指令信号がロータの回転と極めて良く同期した正弦波状になり、モータの同期はずれ・脱調を防止することができる。また、推定電気角の変化が所定のステップ角の範囲内で連続的となり、正弦波状の駆動指令信号に不連続が発生しない。従って、前述のごとき滑らかな駆動電流を供給でき、均一な駆動トルクを得ることができ、モータ振動・騒音も少なくなる。

【0035】さらに、本実施例に示したように、ロータ界磁部の外側ヨーク13の内側に埋め込まれた永久磁石12の各磁極の発生する磁束を強磁性体製ヨークブロック13a、13b、13c、13dによって導き、ステータの駆動巻線が施された突極に流入出させるモータ構造を採用し、駆動巻線に3相の正弦波状の駆動電流Ia、Ib、Icを供給するようにした場合には、電流指令信号ja、jb、jcの比率を変えて与えることにより駆動指令信号ja、jb、jcを適度に位相進みさせ、駆動指令信号に対応した駆動電流Ia、Ib、Icの電流位相を進み位相にすることにより、高速回転時の発生トルクの増大や最高回転速度の増加を図ることができる。これについて説明する。高速回転時に生じる永久磁石磁束による逆起電圧（速度起電力）は駆動電流の流れを阻止するものであり、その結果、高速回転時の駆動電流が少なくなり、発生トルクを小さくする。また、最高回転速度も逆起電圧によって制限され、低く押さえられてしまう。これに対し、位相進みした駆動電流を流すようにするならば、駆動電流によるインダクタンス電圧が逆起電圧を減算する方向で発生し、駆動電流を流すための余裕電圧を大きくする。その結果、高速回転時の駆動電流を大きくでき、発生トルクの増大や最高回転速度の増加を実現で

14

度も正弦波状に変化する。その結果、発生トルクは

きる。特に、本実施例のモータ構造では、駆動巻線からみたインダクタンスが外側ヨークブロックの存在によってかなり大きくなり、インダクタンス電圧による減算効果が大きくなり、トルク増大や最高回転速度増加の効果を大きくできる。また、駆動電流の位相を進めることにより、外側ヨークブロックによるリラクタンストルクも利用でき、発生トルクはさらに大きくなる。これらの効果は、正弦波状の駆動電流を供給することにより得られる利点の一つである。また、駆動指令信号や駆動電流の位相進み量は必要に応じて変化させることが可能であり、低速回転時には位相進みを零もしくは小さくし、高速回転になる程位相進みを大きくしている。また、このような駆動指令信号の位相進めは、実際の回転位置に相当する電気角に対して推定電気角自体を位相進みさせることによって実現でき、本発明に含まれる。

【0036】なお、本実施例のブラシレスモータの起動時には、図示しない起動回路によって、所定の周期にて変化する3相の駆動指令信号を駆動制御器22に加えて、駆動巻線20A、20B、20Cへの駆動電流を強制的に切り替えることにより、所定方向への回転を行わせる。ロータの回転に伴って回転検出器41のパルス信号gが発生し、時間計測器42が動作することによって定常的な正弦波状の駆動指令信号ja、jb、jcを作りだし、前述の定常的な駆動動作に移行させる（このとき、起動回路は停止させる）。

【0037】（実施例2）以下、本発明の第2の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0038】図9から図12に本発明のブラシレスモータの第2の実施例を示す。図9に第2の実施例の回路構成を示す（前述の第1の実施例と同じものは同一の番号を付けた）。本実施例では、駆動指令部21の駆動指令作成部43をマイクロコンピュータ器101とタイマー器102によって構成し、後述するように機能の強化を図った。また、電流検出器を2個に削減し、他の1相の電流検出は加算器103と反転増幅器104によって行った。その他の部分の構成および動作は、前述の実施例と同様であり、説明を省略する。また、本実施例のモータ構造は、図2と同様である。

【0039】まず、電流検出について説明する。3相の駆動電流Ia、Ib、Icの合成値は零であるから、電流帰還信号da、db、dcの合成値も零である。そのため、1相分の信号は他の2相分の信号から下式によって得ることができる。

$$\text{【0040】 } dc = -(da + db)$$

従って、加算器103によって2相分の電流帰還信号da、dbを加算し、反転増幅器103によって加算結果の

15

符号を反転すれば、残りの相の電流帰還信号 dc を得ることができる。

【0041】次に、駆動指令作成部 43 のマイクロコンピュータ器 101 とタイマー器 102 の動作について説明する。マイクロコンピュータ器 101 は、時間計測器 42 の計測結果信号 f と第 2 微分パルス y と電流指令信号 jq, jd を入力し、所定の演算処理を行って駆動指令信号 ja, jb, jc を出力する。図 10 と図 11 にマイクロコンピュータ器 101 のフローチャートを示す。

【0042】まず、図 10 に示した第 2 微分パルス y による割り込み処理について説明する。この処理は、時間計測器 42 が新しい計測結果を得る毎に実行される。

(1) 割り込み処理 110

第 2 微分パルス y の発生により下記の割り込み処理を行う。

(2) 入力処理 111

時間計測器 42 の計測結果信号 f を入力し、その値を F とする。

(3) 基本タイマー値設定処理 112

計測結果値 F をタイマー器 102 用のタイマー値 Tt に設定する。すなわち、

$$Tt = F$$

(4) ズレ量検出処理 113

この時点における後述の内部カウンタのカウント値 V (推定電気角に相当) を $V3$ に入れる。すなわち、 $V3 = V$

とし、内部カウント値の所定値 (零) からのズレ量を得る。内部カウント値の位相が遅れている場合には $V3$ は負であり、位相が進んでいる場合には $V3$ は正である。

(5) ズレ補正処理 114

検出ズレ量 $V3$ に応じてタイマー値 Tt を補正する。すなわち、

$$Tt = Tt + k1 \cdot V3$$

ここに、 $k1$ は比例係数である。内部カウント値の位相が遅れている場合には $V3 < 0$ であり Tt は小さくなるように補正され、内部カウント値の位相が進んでいる場合には $V3 > 0$ であり Tt は大きくなるように補正される。

(6) 加減速検出処理 115

新しい計測結果値 F と 1 回古い計測結果値 $F1$ から加速・減速状態を表す加減速値 Ac を算出し、その後に、次の処理のために $F1$ に F を代入する。

$$【0043】 Ac = F - F1$$

$$F1 = F$$

加減速値 Ac は、加速時には $F < F1$ であるから負値になり、減速時には $F > F1$ であるから正值になる。

(7) 加減速補正処理 116

加減速値 Ac に応じてタイマー値 Tt を補正する。すなわち、

$$Tt = Tt + k2 \cdot Ac$$

ここに、 $k2$ は比例係数である。加速時には $Ac < 0$ であ

16

り Tt は小さくなるように補正され、減速時には $Ac > 0$ であり Tt は大きくなるように補正される。

(8) タイマー器への出力処理 117

タイマー値 Tt をタイマー器 102 に出力して保存させる。タイマー器 102 は、次のタイマー計数からこの Tt をロード値としてダウンカウントし、零になる毎に内部タイミング信号 z をマイクロコンピュータ器 101 に出力し、その後に、 Tt をロードしてダウンカウントを継続する。従って、タイマー値 Tt に応じた内部タイミング時間間隔毎に、内部タイミング信号 z を得ることができる。

(9) 割り込み終了処理 118

割り込み処理を終了する。

【0044】次に、図 11 に示した内部タイミング信号 z による割り込み処理について説明する。この処理は、タイマー器 102 が内部タイミング信号 z を発生する毎に実行される。

(1) 割り込み処理 120

内部タイミング信号 z の発生により下記の割り込み処理を行う。

(2) 入力処理 121

電流指令信号 jq, jd を入力する。

(3) 内部カウント処理 122

推定電気角に対応する内部カウント値 V をインクリメントする。すなわち、 $V = V + 1$

にする。 V が第 2 設定値 $V2$ に等しくなった (もしくは大きくなった) 場合に、 V を第 1 設定値 $V1$ にリセットする。ここに、第 1 設定値 $V1$ は電気角換算で -180 度に相当する負値であり、第 2 設定値 $V2$ は 180 度 (1 カウント分) に相当する正值である。従って、内部カウント値 V は、内部タイミング信号 z の到来毎にカウントアップし、第 1 設定値 $V1$ から第 2 設定値 $V2$ の間で繰り返し計数する。

(4) 2 相回転・静止変換処理 123

内部カウント値 V から位相あわせを行った変換用電気角 w を計算する。

$$【0045】 w = k0 \cdot (V + V0)$$

ここに、 $k0$ は比例係数、 $V0$ は位相シフト値である。次に、回転座標系と静止座標系の間の座標変換を行い、座標変換された変換電流指令信号 hq, hd を求める (具体的な式は、前述の (数 1) である)。

(5) 2 相・3 相変換処理 124

2 相の変換電流指令信号 hq, hd から 3 相の駆動指令信号 ja, jb, jc を算出する (具体的な式は、前述の (数 2) である)。

(6) 出力処理 125

駆動指令信号 ja, jb, jc を DA 変換して出力する。

(7) 終了処理 127

割り込み処理を終了する。

17

【0046】本実施例のモータ構造や回転検出器41や時間計測器42や制御器43や駆動制御器22や電力供給部23の構成及び動作は、前述の第1の実施例と同じであり、説明を省略する。本実施例の駆動電流Ia, Ib, Icも駆動指令信号ja, jb, jcに比例した3相の正弦波状の電流になる。

【0047】本実施例では、パルス信号のエッジ発生時点における推定電気角のズレ量を検出し、このズレ量に基づいて内部タイミング信号の発生時間間隔を補正し、推定電気角を徐々にロータの回転に同期した値に一致させている。同時に、ロータの加速・減速状態を検出した加減速値Acに基づいて内部タイミング信号の発生時間間隔を補正し、加速時には時間間隔を短くし、減速時には時間間隔を長くしている。これにより、加減速状態における推定電気角もロータの回転位置と非常に良く一致し、変動の少ない均一なトルクを得ることができる。

【0048】なお、これらの補正は適時なくすることも可能である。たとえば、図10のズレ補正処理114をなくすならば、加減速補正だけを行うようになる。また、加減速補正処理116をなくすならば、ズレ補正処理だけを行うようになる。さらに、ズレ補正処理114と加減速補正処理116の両方をなくすならば、補正処理を全く行わないようになる。

【0049】さらに、ズレ補正処理を単純化して、パルス信号gの発生タイミングにおいて推定電気角を所定値に直接補正することも可能である。図12にその具体的なフローチャートを示す(図10のフローチャートと置き換える)。

(1) 割り込み処理130

第2微分パルスyの発生により下記の割り込み処理を行う。

(2) 入力処理131

時間計測器42の計測結果信号fを入力し、その値をFとする。

(3) タイマー値設定処理132

計測結果値Fをタイマー値Ttに設定する。すなわち、 $Tt = F$

(4) ズレ補正処理133

内部カウンタ値Vを所定値Vr(たとえば、零)にする。すなわち、 $V = Vr$ にする。

(5) タイマー器への出力処理134

タイマー値Ttをタイマー器102に出力して保存させ、タイマー値Ttに応じた内部タイミング時間間隔毎に、内部タイミング信号zを出力させる。

(6) 割り込み終了処理135

割り込み処理を終了する。

【0050】この方法は、推定電気角に比較的な大きな不連続が生じ易く、駆動指令信号の滑らかさに欠けると

18

いう欠点はあるが、瞬時に推定電気角をロータ回転に同期させることができるという利点がある。従って、定常定速回転状態のようなズレ量の少ない場合に有効な方法である。

【0051】なお、本実施例のブラシレスモータの起動時には、マイクロコンピュータ器101の図示しない起動処理プログラムによって、所定の周期にて変化する3相の駆動指令信号を駆動制御器22に加えて、駆動巻線20A, 20B, 20Cへの駆動電流を強制的に切り替えることにより、所定方向への回転を行わせる。ロータの回転に伴って回転検出器41のパルス信号gが発生し、時間計測器42が動作することによって定常的な正弦波状の駆動指令信号ja, jb, jcを作りだし、前述の定常的な駆動動作に移行させる(このとき、起動処理プログラムは停止させる)。

【0052】さらに、本実施例では、永久磁石の界磁束を検出する検出素子を用いて回転検出器41を構成したが、本発明はそのような場合に限らず、1相の駆動巻線に発生する逆起電圧(速度起電力)に応動した信号を検出してパルス信号を得る回転検出器を用いても良く、本発明に含まれる。駆動巻線に生じる逆起電圧からパルス信号を得るようにするならば、特別な検出素子が不要になり、モータ構造は簡素になる。

【0053】さらに、本実施例では、3相の駆動指令信号ja, jb, jcと3相の電流帰還信号da, db, dcをそれぞれ比較した結果によって駆動トランジスタを駆動制御したが、本発明はそのような場合に限らず、たとえば、2相分の駆動指令信号ja, jbと2相分の電流帰還信号da, dbをそれぞれ比較して2相分の比較誤差信号を作り、これらの2相分の比較誤差信号を加算して符号反転することによって残りの1相分の比較誤差信号を作り、このようにして求めた3相分の比較誤差信号によって駆動トランジスタを駆動制御しても良く、本発明に含まれる。

【0054】また、本実施例では、3相の駆動指令信号ja, jb, jcと3相の電流帰還信号da, db, dcをそれぞれアナログ信号として比較したが、本発明はそのような場合に限らず、たとえば、電流帰還信号da, db, dcをAD変換してデジタル信号としてマイクロコンピュータ器に入力し、駆動指令信号と電流帰還信号をデジタル的に比較するようにしても良く、本発明に含まれる。なお、本発明で述べている正弦波状の駆動指令信号や駆動電流は、電流指令信号jq, jdを一定とした場合に、推定電気角の変化に対して駆動指令信号や駆動電流が正弦波状に変化することを意味している。

【0055】(実施例3)以下、本発明の第3の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0056】図13から図17に本発明のブラシレスモータの第3の実施例を示す。図13に第3の実施例の回路構成を示し、図14にモータ構造を示す。本実施例で

は、検出素子の個数を増やし、回転検出器201とマイクロコンピュータ器101の処理を改良し、位置検出信号を使用した起動動作も行えるようにしている。その他の構成及び動作について、前述の実施例と同様な部分については同じ番号を付した。

【0057】まず、図14のモータ構造について説明する。ロータ回転軸10に取り付けられた強磁性体製の内側ヨーク11と外側ヨーク13は、軸対称の4カ所（90度対称）において細い連結部分を有している。これにより、機械的な連結を保つようにしているが、磁気飽和が生じて磁気的には分離されている。内側ヨーク11と外側ヨーク13の4カ所の隙間には、半径方向に磁化された永久磁石12a, 12b, 12c, 12dがそれぞれ極性を交互に変えながら埋め込まれている。また、各磁極の外周側には、外側ヨーク13のヨークブロック13a, 13b, 13c, 13dが配置されている。その結果、永久磁石12a, 12b, 12c, 12dと外側ヨーク13からなる界磁部は、円周上に順次N, S, N, Sの4極の界磁磁極を等角度間隔（90度）もしくは略等角度間隔に形成している。

【0058】ステータ鉄心14には、3相の駆動巻線（A1, A2, A3, A4）, （B1, B2, B3, B4）, （C1, C2, C3, C4）が所定の位相差を設けて巻装され、（A1, A2, A3, A4）は第1相の駆動巻線20Aを形成し、（B1, B2, B3, B4）は第2相の駆動巻線20Bを形成し、（C1, C2, C3, C4）は第3相の駆動巻線20Cを形成している。また、界磁部の発生磁束を検出する検出素子211a, 211b, 211cが、3相の駆動巻線20A, 20B, 20Cに対応して配置されている。

【0059】回転検出器201は、3個の検出素子211a, 211b, 211cの検出出力から得られるロータの回転位置に対応した3相の位置信号ga, gb, gcと、これらの位置信号を合成したパルス信号gを出力する。図15に回転検出器201の具体的な構成を示す。検出素子211a, 211bの出力は増幅回路222a, 222bによって所要倍の増幅をされた後に、整形回路223a, 223bによって波形整形され、位置信号ga, gbを得る。また、検出素子211cの出力は反転増幅回路221によって反対符号に反転増幅された後に、増幅回路222cによって所要倍の増幅をされ、さらに、整形回路223cによって波形整形され、位置信号gcを得る。これにより、位置信号ga, gb, gcは電氣的に120度の位相差を有する3相のデジタル信号になる。位置信号ga, gb, gcは、アンド回路224, 225, 226とオア回路227によって論理合成され、パルス信号gを出力する。パルス信号gは、2個の位置信号が”H”（高電位状態）の時に”H”になり、2個の位置信号が”L”（低電位状態）の時に”L”となる。図18（a）～（d）に位置信号ga, g

b, gcとパルス信号gの波形関係を示す。

【0060】回転検出器201のパルス信号gは時間計測器42に入力され、パルス信号gの立ち下がりエッジの発生タイミング間隔を計測し、計測結果信号fと第2微分パルスyを得る。時間計測器42は図4に示した構成と同様である。

【0061】マイクロコンピュータ器101は、計測結果信号fと第2微分パルスyと電流指令信号jq, jdと位置信号ga, gb, gcを入力し、所定の処理をして駆動指令信号ja, jb, jcを出力する。

【0062】定常的な回転状態においては、マイクロコンピュータ器101は図16および前述の図11のフローチャートに示した処理を実行する。図16に示した第2微分パルスyによる割り込み処理について説明する。この処理は、時間計測器42が新しい計測結果を得る毎に実行される。

（1）割り込み処理230

第2微分パルスyの発生により下記の割り込み処理を行う。

20 （2）入力処理231

時間計測器42の計測結果信号fを入力し、その値をFとする。

（3）基本タイマー値設定処理232

計測結果値Fをタイマー値Ttに設定する。すなわち、 $Tt = F$

（4）入力処理233

位置信号ga, gb, gcを入力する。

（5）ズレ量検出処理234

この時点における内部カウント値V（推定電気角に相当し、図11のフローチャートの内部カウント処理122において得られるカウント値）の期待値Vpを、位置信号ga, gb, gcの状態に応じて選択する。パルス信号gの立ち下がりエッジの発生タイミングは、位置信号ga, gb, gcの状態に関して3状態があるので、推定電気角として120度ずつ離れた3個の期待値の中から対応した期待値を選択する。次に、この時点における内部カウント値Vと選択された期待値Vpのズレ量V3を検出する（ $V3 = V - Vp$ ）。従って、内部カウント値の位相が遅れている場合にはV3は負であり、位相が進んでいる場合にはV3は正である。

（6）ズレ補正処理235

検出ズレ量V3に応じてタイマー値Ttを補正する。すなわち、

$$Tt = Tt + k1 \cdot V3$$

ここに、k1は比例係数である。内部カウント値の位相が遅れている場合には $V3 < 0$ でありTtは小さくなるように補正され、内部カウント値の位相が進んでいる場合には $V3 > 0$ でありTtは大きくなるように補正される。

（7）タイマー器への出力処理236

50 タイマー値Ttをタイマー器102に出力して保存させ

21

る。タイマー器 102 は、次のタイマー計数からこの Tt をロード値としてダウンカウントし、零になる毎に内部タイミング信号 z をマイクロコンピュータ器 101 に出力し、その後、Tt をロードしてダウンカウントを継続する。従って、タイマー値 Tt に応じた内部タイミング時間間隔毎に、内部タイミング信号 z を得ることができる。

(8) 割り込み終了処理 237

割り込み処理を終了する。

【0063】このようにして、内部タイミング信号 z を発生させるタイマー器 102 へのタイマー値設定を行っている。

【0064】タイマー器 102 の内部タイミング信号 z による割り込み処理は、前述の図 11 のフローチャートに示したものであり、タイマー値 Tt に応じた時間間隔毎に内部タイミング信号 z が発生し、内部タイミング信号 z の発生により内部カウンタのカウント値 V を更新して新しい推定電気角を得て、この推定電気角を用いて電流指令信号 j a, j d の回転・静止座標変換を行い、さらに、2 相・3 相変換を行って 3 相の正弦波状の駆動指令信号 j a, j b, j c を出力する（図 11 のフローチャートの説明と同様であり、詳細な説明を省略する）。なお、内部カウント値 V が電気角 360 度相当変化する間に、パルス信号 g の立ち下がりエッジは 3 回到来するが、各到来時点においてズレ量の検出を行い、次の到来時点までにズレ量が少なくするように内部タイミング信号 z の発生時間間隔（タイマー値 Tt）が補正されている。

【0065】駆動制御器 22 や電力供給部 23 等の構成及び動作は、前述の実施例と同様であり、駆動指令信号 j a, j b, j c に比例した正弦波状の駆動電流 I a, I b, I c を駆動巻線 20A, 20B, 20C に供給する。これにより、変動の少ない均一なトルクを得て、モータは滑らかに回転を継続する。

【0066】次に、起動時の動作について説明する。図 17 に起動時の処理を含んだマイクロコンピュータ器 101 のフローチャートを示す。

(1) 開始処理 240

電源投入時よりこの処理が開始される。

(2) 判断処理 241

定常処理中であるかどうか判断する。モータが回転して時間計測器 42 の計測結果信号 f を用いて駆動指令信号を作る定常回転状態の場合には、処理 245 に分岐する。起動状態の場合には、処理 242 に分岐し、起動用の駆動指令信号の作成を行う。なお、定常回転状態の判断は、たとえば、時間計測器 42 の第 2 微分パルス y が所定時間間隔内で繰り返し到来していることにより判断する。また、起動状態と判断した場合には、内部タイミング信号 z の割り込み処理を行わない。

(3) 入力処理 242

22

位置信号 g a, g b, g c を入力する。

(4) 駆動指令作成処理 243

位置信号 g a, g b, g c から駆動指令信号 j a, j b, j c を下式により作成する。

$$j a = J m \cdot (g a - g b)$$

$$j b = J m \cdot (g b - g c)$$

$$j c = J m \cdot (g c - g a)$$

ここに、g a, g b, g c は "H" の時に 1, "L" の時に 0 とする。従って、j a, j b, j c は J m, 0, -J m の 3 状態で変化する。図 18 (e), (f), (g) に起動時の駆動指令信号 j a, j b, j c の波形を示す。

(5) 出力処理 244

起動用の駆動指令信号 j a, j b, j c を D/A 変換して出力する。

(6) メインルーチン処理 245

所要のメイン処理を行い、判断処理 241 に分岐する。なお、メイン処理の処理量は少なくし、起動時の駆動指令信号の作成に影響しないようにしている（必要ならば、メイン処理はなくしても良い）。

【0068】本実施例では、3 相の位置信号 g a, g b, g c を位置検出し（位置検出機構）、位置信号 g a, g b, g c を用いてステップ的に変化する矩形波状の駆動指令信号 j a, j b, j c を起動用駆動指令信号として作成し（起動用駆動指令作成機構）、起動用駆動指令信号によって確実な回転駆動を行わせ、かつ、回転時には推定電気角を用いた正弦波状の駆動指令信号 j a, j b, j c によって滑らかな回転駆動を行っている。その結果、安定で確実なモータ起動動作が行われると共に、回転時には変動の少ない均一な駆動トルクが得られ、モータ振動・騒音が著しく小さくなる。

【0069】本実施例では、3 相の位置信号 g a, g b, g c を合成したパルス信号 g の発生タイミング間隔を時間計測しているため、電気角 360 度当たりの計測回数が 3 倍に多くなり、より正確な電気角推定が行われる。また、ズレ量の検出・補正動作も 3 倍に多くなり、ズレ量は大幅に小さくなる。また、本実施例の図 16 のフローチャートの処理 235 と処理 236 の間に図 10 に示した加減速検出処理 115 及び加減速補正処理 116 を挿入して、加減速検出・補正動作を行わせるようにしても良く、本発明に含まれる。

【0070】さらに、本実施例では、永久磁石の界磁磁束を検出する 3 個の検出素子を用いて回転検出器 201 を構成したが、本発明はそのような場合に限らず、定常回転時に 3 相の駆動巻線に発生する逆起電圧に応動する信号をパルス整形することにより、位置信号とパルス信号を得る回転検出器を用いても良い（このとき、モータの起動動作は、前述の第 1 の実施例で説明したように、適当な周期で駆動電流を切り替えるようにすれば良い）。駆動巻線に生じる逆起電圧を検出するようにすれば、特別な検出素子が不要になり、モータ構造は簡

案になる。

【0071】（実施例4）以下、本発明の第4の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0072】図19から図22に本発明のブラシレスモータの第4の実施例を示す。図19に第4の実施例の回路構成を示す（前述の第2の実施例と同じものは同一の番号を付けた）。本実施例では、変換比較部301の演算部311をマイクロコンピュータ器312とタイマー器313によって構成し、後述するように、電流指令部302の電流指令信号 j_q 、 j_d と電流検出器24a、24bの電流帰還信号 d_a 、 d_b を入力して、推定電気角を用いて所定の変換・比較演算を行い、誤差検出動作や制御演算動作を行っている。また、PWM器303は、変換比較部301の出力信号 m_a 、 m_b 、 m_c からPWM信号（パルス幅変調信号）を作成し、駆動トランジスタ31a、31b、31c、33a、33b、33cをオン・オフ制御する。その他の構成および動作は、前述の実施例と同様であり、詳細な説明は省略する。また、本実施例のモータ構造は、図2と同様である。

【0073】変換比較部301の回転検出器41は、検出素子17の出力信号を用いて、ロータの回転速度に比例した周波数のパルス信号 g を発生する。回転検出器41は、図3に示した構成例を用いている。時間計測器42は、回転検出器41の出力パルス信号 g の発生タイミング間隔を計測し、計測結果信号 f と第2微分パルス y を出力する。時間計測器42は、図4に示した構成例を用いている。

【0074】変換比較部301の演算部311は、マイクロコンピュータ器312とタイマー器313によって構成され、時間計測器42の計測結果信号 f と第2微分パルス y と電流指令部302の電流指令信号 j_q 、 j_d と電流検出器24a、24bの電流帰還信号 d_a 、 d_b を入力し、所定の演算処理を行って出力信号 m_a 、 m_b 、 m_c を出力する。図20と図21にマイクロコンピュータ器312のフローチャートを示す。

【0075】まず、図20に示した第2微分パルス y による割り込み処理について説明する（図10のフローチャートに示した内容と同様である）。この処理は、時間計測器42が新しい計測結果を得る毎に実行される。

（1）割り込み処理320

第2微分パルス y の発生により下記の割り込み処理を行う。

（2）入力処理321

時間計測器42の計測結果信号 f を入力し、その値を F とする。

（3）基本タイマー値設定処理322

計測結果値 F をタイマー器313用のタイマー値 T_t に設定する。すなわち、

$$T_t = F$$

（4）ズレ量検出処理323

この時点における後述の内部カウンタのカウンタ値 V （推定電気角に相当）を V_3 に入れる。すなわち、 $V_3 = V$

とし、内部カウンタ値の所定値（零）からのズレ量を得る。内部カウンタ値の位相が遅れている場合には V_3 は負であり、位相が進んでいる場合には V_3 は正である。

（5）ズレ補正処理324

検出ズレ量 V_3 に応じてタイマー値 T_t を補正する。すなわち、

$$T_t = T_t + k_1 \cdot V_3$$

ここに、 k_1 は比例係数である。内部カウンタ値の位相が遅れている場合には $V_3 < 0$ であり T_t は小さくなるように補正され、内部カウンタ値の位相が進んでいる場合には $V_3 > 0$ であり T_t は大きくなるように補正される。

（6）加減速検出処理325

新しい計測結果値 F と1回古い計測結果値 F_1 から加速・減速状態を表す加減速値 A_c を算出し、その後、次の処理のために F_1 に F を代入する。

$$A_c = F - F_1$$

$$F_1 = F$$

加減速値 A_c は、加速時には $F < F_1$ であるから負値になり、減速時には $F > F_1$ であるから正值になる。

（7）加減速補正処理326

加減速値 A_c に応じてタイマー値 T_t を補正する。すなわち、

$$T_t = T_t + k_2 \cdot A_c$$

ここに、 k_2 は比例係数である。加速時には $A_c < 0$ であり T_t は小さくなるように補正され、減速時には $A_c > 0$ であり T_t は大きくなるように補正される。

（8）タイマー器への出力処理327

タイマー値 T_t をタイマー器313に出力して保存させる。タイマー器313は、次のタイマー計数からこの T_t をロード値としてダウンカウントし、零になる毎に内部タイミング信号 z をマイクロコンピュータ器312に出力し、その後、 T_t をロードしてダウンカウントを継続する。従って、タイマー値 T_t に応じた内部タイミング時間間隔毎に、内部タイミング信号 z を得ることができる。

（9）割り込み終了処理328

割り込み処理を終了する。

【0077】次に、図21に示した内部タイミング信号 z による割り込み処理について説明する。この処理は、タイマー器313の内部タイミング信号 z の発生毎に実行される。

（1）割り込み処理340

内部タイミング信号 z の発生により下記の割り込み処理を行う。

（2）内部カウンタ（電気角推定）処理341

推定電気角に対応する内部カウンタ値 V をインクリメントする。すなわち、

25

$$V = V + 1$$

にする。Vが第2設定値V2に等しくなった（もしくは大きくなった）場合に、Vを第1設定値V1にリセットする。ここに、第1設定値V1は電気角換算で-180度に相当する負値であり、第2設定値V2は180度-（1カウント分）に相当する正值である。従って、内部カウント値Vは、内部タイミング信号zの到来毎にカウントアップし、第1設定値V1から第2設定値V2の間で繰り返し計数する。

【0078】内部カウント値Vから位相あわせを行った変換用電気角w（推定電気角）を計算する。

$$\begin{bmatrix} g d \\ g q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos w & \sin w \\ -\sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3/2 & 0 \\ \sqrt{3}/2 & \sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d a \\ d b \end{bmatrix}$$

【0081】上式では、2相の電流帰還信号da, dbから直接的に変換帰還信号gd, gqを求めた。これは、2相の電流帰還信号da, dbから残りの1相分の電流帰還信号dcを求めて、da, db, dcを3相・2相変換し、さらに、推定電気角wによる座標変換を行ったものと等価になる。

（5）入力処理344

電流指令信号jq, jdを入力する。

（6）制御信号作成処理345

下式により、電流指令信号jd, jqと変換帰還信号gd, gqを比較し、誤差信号ed, eqを得る。

【0082】

【数4】

$$\begin{bmatrix} e d \\ e q \end{bmatrix} = J o \begin{bmatrix} j d \\ j q \end{bmatrix} - G o \begin{bmatrix} g d \\ g q \end{bmatrix}$$

【0083】ここに、JoやGoは所定の定数である。誤差

$$\begin{bmatrix} p a \\ p b \\ p c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos w & -\sin w \\ \sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n d \\ n q \end{bmatrix}$$

【0087】上式は、制御信号nd, nqを推定電気角wによる座標変換した後に、2相・3相変換したものに对应している。

（8）出力信号作成処理347

下式により、変換制御信号pa, pb, pcに忠動する出力信号ma, mb, mcを得る。

【0088】

【数7】

$$\begin{bmatrix} m a \\ m b \\ m c \end{bmatrix} = M o \begin{bmatrix} p a \\ p b \\ p c \end{bmatrix}$$

【0089】ここに、Moは所定の定数である。

（9）出力処理348

出力信号ma, mb, mcをDA変換して出力する。

（7）終了処理349

50 割り込み処理を終了する。

26

*【0079】 $w = k_0 \cdot (V + V_0)$

ここに、 k_0 は比例係数、 V_0 は位相シフト値である。

（3）入力処理342

電流帰還信号da, dbをAD変換して、デジタル入力する。

（4）変換帰還信号作成処理343

推定電気角wを用いて、電流帰還信号da, dbに対して静止座標系と回転座標系の間の座標変換を行い、座標変換された変換帰還信号gd, gqを下式により求める。

【0080】

【数3】

$$\begin{bmatrix} g d \\ g q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos w & \sin w \\ -\sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3/2 & 0 \\ \sqrt{3}/2 & \sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d a \\ d b \end{bmatrix}$$

※差信号ed, eqに下式の制御演算を行い、制御信号nd, nqを得る。

【0084】

20 【数5】

$$\begin{bmatrix} n d \\ n q \end{bmatrix} = N o \begin{bmatrix} e d \\ e q \end{bmatrix}$$

【0085】ここに、Noは所定の定数である（（数5）の制御演算では比例制御を行うようにしたが、比例・積分制御演算や比例・積分・微分制御演算を行うようにしても良い。）。

30 （7）変換制御信号作成処理346

推定電気角wを用いて、制御信号nd, nqに対して回転座標系と静止座標系の間の座標変換を行い、座標変換された変換制御信号pa, pb, pcを下式により求める。

【0086】

【数6】

$$\begin{bmatrix} p a \\ p b \\ p c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos w & -\sin w \\ \sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n d \\ n q \end{bmatrix}$$

【0087】上式は、制御信号nd, nqを推定電気角wによる座標変換した後に、2相・3相変換したものに对应している。

（8）出力信号作成処理347

下式により、変換制御信号pa, pb, pcに忠動する出力信号ma, mb, mcを得る。

【0088】

【数7】

$$\begin{bmatrix} m a \\ m b \\ m c \end{bmatrix} = M o \begin{bmatrix} p a \\ p b \\ p c \end{bmatrix}$$

【0089】ここに、Moは所定の定数である。

（9）出力処理348

出力信号ma, mb, mcをDA変換して出力する。

（7）終了処理349

50 割り込み処理を終了する。

【0090】電流指令部302は制御器46によって構成され、2相の電流指令信号 j_q 、 j_d を変換比較部301の演算部311に与えている。本実施例では、速度指令信号 r と時間計測器42の計測結果信号 f を比較して、その差を零にするように所定の速度制御演算を行って電流指令信号 j_q 、 j_d を得ている。

【0091】変換比較部301の出力信号 ma 、 mb 、 mc は、PWM器303に入力され、駆動トランジスタを駆動制御する。図22にPWM器303の構成および電力供給部23や駆動巻線20A、20B、20Cとの接続を示す。PWM器303は、コンパレータ360a、360b、360cと三角波発生回路361によって構成されている。コンパレータ360aは、変換比較部301の出力信号 ma と三角波発生回路361の所定周波数(20kHz程度)の三角波信号とを比較し、PWM信号(パルス幅変調信号)を作り出す。コンパレータ360aのPWM信号は上側駆動トランジスタ31aと下側駆動トランジスタ33aをオン・オフ駆動し、上側ダイオード32a、下側ダイオード34a及び駆動巻線によって平滑化された駆動電流 I_a を駆動巻線20Aに供給する。同様に、コンパレータ360bは、変換比較部301の出力信号 mb と三角波発生回路361の三角波信号とを比較してPWM信号を作り出し、上側駆動トランジスタ31bと下側駆動トランジスタ33bをオン・オフ駆動し、上側ダイオード32b、下側ダイオード34b及び駆動巻線によって平滑化された駆動電流 I_b を駆動巻線20Bに供給する。同様に、コンパレータ360cは、変換比較部301の出力信号 mc と三角波発生回路361の三角波信号とを比較してPWM信号を作り出し、上側駆動トランジスタ31cと下側駆動トランジスタ33cをオン・オフ駆動し、上側ダイオード32c、下側ダイオード34c及び駆動巻線によって平滑化された駆動電流 I_c を駆動巻線20Cに供給する。

【0092】従って、変換比較部301の演算部311のマイクロコンピュータ器312とPWM器303と電力供給部23と駆動巻線20A、20B、20Cと電流検出器24a、24bによってフィードバックループが構成され、電流指令信号 j_q 、 j_d に対応した振幅を有する正弦波状の3相の駆動電流 I_a 、 I_b 、 I_c が各駆動巻線20A、20B、20Cに供給される(ここに、本発明の正弦波状の駆動電流とは、電流指令信号 j_q 、 j_d を一定とするとときに、推定電気角の変化に対して駆動電流が正弦波状に変化することを意味している)。

【0093】本実施例では、パルス信号のエッジ発生時点における推定電気角のズレ量を検出し、このズレ量に基づいて内部タイミング信号の発生時間間隔を補正し、推定電気角を徐々にロータの回転に同期した値に一致させている。同時に、ロータの加速・減速状態を検出した加減速値 A_c に基づいて内部タイミング信号の発生時間間隔を補正し、加速時には時間間隔を短くし、減速時に

は時間間隔を長くしている。これにより、加減速状態における推定電気角もロータの回転位置と非常に良く一致し、変動の少ない均一なトルクを得ることができる。

【0094】また、これらの補正は適時なくすることも可能である。たとえば、図20のズレ補正処理324をなくすならば、加減速補正だけを行うようになる。また、加減速補正処理326をなくすならば、ズレ補正処理だけを行うようになる。さらに、ズレ補正処理324と加減速補正処理326の両方をなくすならば、補正処理を全く行わないようになる。さらに、ズレ補正処理を単純化して、パルス信号 g の発生タイミングにおいて推定電気角を所定値に直接補正することも可能である(前述の図12のフローチャートを図20のフローチャートと置き換える)。

【0095】また、本実施例のブラシレスモータの起動時には、変換比較部301のマイクロコンピュータ器312の図示しない起動処理プログラムによって、所定の周期にて変化する3相の出力信号 ma 、 mb 、 mc をPWM器303に加えて、駆動巻線20A、20B、20Cへの駆動電流を強制的に切り替えることにより、所定方向への回転を行わせる。ロータの回転に伴って回転検出器41のパルス信号 g が発生し、時間計測器42が動作することによって定常的な正弦波状の駆動電流を供給する動作に移行させる(このとき、起動処理プログラムは停止させる)。また、本実施例においても、前述の第3の実施例に示したように、位置検出素子の個数を増やしてロータの回転位置に対応した回転位置信号 ga 、 gb 、 gc を得て、起動時に回転位置信号 ga 、 gb 、 gc に反応して変換比較部301の3相の出力信号 ma 、 mb 、 mc を変化させ(たとえば、図17のフローチャートにおいて ja 、 jb 、 jc を ma 、 mb 、 mc に置き換えた起動時処理を行わせる)、駆動巻線20A、20B、20Cへの駆動電流を強制的に切り替えるようにしても良く、本発明に含まれる(なお、定常回転時には前述の動作により正弦波状の駆動電流を供給する)。

【0096】また、本実施例の図21のフローチャートに示した演算処理には、種々の変形が可能であり、たとえば、制御信号作成処理345の電流制御演算を比例・積分形にしたり、制御信号作成処理345もしくは出力信号作成処理347において逆起電力(速度起電力)の影響を打ち消すような補償信号を入れても良く、本発明に含まれる。

【0097】また、本実施例では、永久磁石の界磁磁束を検出する検出素子を用いて回転検出器41を構成したが、本発明はそのような場合に限らず、1相の駆動巻線に発生する逆起電圧(速度起電力)に反応した信号を検出してパルス信号を得る回転検出器を用いても良く、本発明に含まれる。

【0098】前述の実施例では、3相の駆動巻線を有するブラシレスモータについて説明したが、本発明はその

29

ような場合に限られるものではなく、一般に、K相（Kは2以上の整数）の駆動巻線を有するブラシレスモータが構成可能である。たとえば、2相の駆動巻線を有するモータ構造であって、前述のh_q、h_dを駆動指令信号として、このh_q、h_dに比例した駆動電流を供給するようにしても良い。また、時間計測器は、パルス信号の立ち下がりエッジだけでなく、立ち下がりと立ち上がりの両エッジの発生タイミング間隔を計測するようにしても良い。また、時間計測器による計測結果を単純平均処理、加重平均処理もしくはフィルタ処理した後に、タイマー器の設定値にしても良い。また、電力供給部は、PWM駆動でなく、アナログ的に駆動電圧を変えるようにしても良い。また、駆動トランジスタには、MOS形のトランジスタでなく、バイポーラトランジスタやIGBT等を用いても良い。また、モータ構造は、永久磁石を強磁性体ヨークに埋め込んだ前述の構造に限定されるものではなく、永久磁石を表面に出してステータ鉄心に対向するようにしても良い。また、ステータの駆動巻線は、1個の突極に1個の巻線を巻装しても良く、前述の実施例に限定されるものではない。また、検出素子は、トルク発生用の永久磁石の磁束を検知するのではなく、別の構造体として回転検出用の部品を配置するようにしても良い。同時に、検出素子としては、磁電変換素子に限定されるものではなく、他の原理の検出素子を用いても良い。また、駆動巻線に発生する1相もしくは3相の逆起電圧（速度起電力）に応動する信号を検出してパルス信号を得る回転検出器を使用するならば、特別な検出素子をなくすことができる。また、制御器は、速度制御に限定されるものではなく、たとえば、トルク制御や位置制御を行って電流指令信号を出力しても良い（電流指令信号があれば、必ずしも、制御器は必要ではない）。また、電流指令信号の与え方も2信号である必要はなく、たとえば、単一の信号であっても良い。また、駆動指令信号や駆動電流を得る演算式も前述の構成に限定されるものではなく、たとえば、推定電気角に応動して滑らかに変化する台形波（たとえば、片側の正傾斜部や平坦部や負傾斜部が電気角で60度程度）や三角波（たとえば、片側の正傾斜部や負傾斜部が電気角で90度程度）等も、本発明で述べた正弦波状の駆動指令信号や駆動電流の範囲に含まれる。また、推定電気角のステップ数は前述の構成に限定されるものではない（電気角で10度以下の分解能が好ましいので、360度/10度=36ステップ以上が好ましい）。また、加減速検出は、時間計測器の計測結果を用いるのではなく、たとえば、速度指令信号rの変化を用いたり、直接に加速度指令を作っ

て使用するようにしても良い。また、前述の実施例では、3相の駆動指令信号と3相の電流帰還信号をそれぞれ比較した結果によって駆動トランジスタを駆動制御したが、本発明はそのような場合に限らず、たとえば、2相分の駆動指令信号と2相分の電流帰還信号をそれぞれ

30

比較して2相分の誤差信号を得て、誤差信号に対して所定の電流制御演算を行った2相分の制御信号を求め、この2相分の制御信号を加算して符号反転することによって残りの1相分の制御信号を作り、このようにして求めた3相分の制御信号に応動して駆動トランジスタを駆動制御しても良い。また、電流制御の精度を改善するために、電流制御演算を比例・積分形にしたり、逆起電力（速度起電力）の影響を打ち消すような補償電圧を加えるようにしても良い。また、推定電気角を用いた演算は、前述の実施例に限定されるものではなく、各種の変形が可能である。その他、本発明の主旨を変えずして種々の変形が可能であり、本発明に含まれることはいうまでもない。

【0099】

【発明の効果】 以上のように、本発明のブラシレスモータは、ロータの回転に同期したパルス信号のタイミング時間間隔を計測し、計測結果に応動した時間間隔毎に推定電気角を変化させ、推定電気角に対応した正弦波状の駆動電流を駆動巻線に供給しているため、巻線インダクタンスによる電流歪みの影響が著しく少なくなり、変動の少ない均一な駆動トルクを得て、モータは滑らかに回転駆動され、モータ振動や騒音は大幅に少なくなる。また、回転検出用のパルス信号も少なくする事が可能であり、部品点数の少ない簡素な回転検出器を採用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例における回路構成図

【図2】 第1の実施例におけるモータ構造図

【図3】 第1の実施例における回転検出器41の回路構成図

【図4】 第1の実施例における時間計測器42の回路構成図

【図5】 第1の実施例における電気角推定器44の回路構成図

【図6】 第1の実施例における指令作成器45のフローチャート

【図7】 第1の実施例における駆動制御器22及び電力供給部23の回路構成図

【図8】 第1の実施例における動作説明用の波形図

【図9】 本発明の第2の実施例における回路構成図

【図10】 第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器102の第1のフローチャート

【図11】 第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器102の第2のフローチャート

【図12】 第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器102の第1のフローチャート（図10）の代わりに用いられる第3のフローチャート

【図13】 本発明の第3の実施例における回路構成図

【図14】 第3の実施例におけるモータ構造図

【図15】 第3の実施例における回転検出器201の回路構成図

31

【図16】第3の実施例におけるマイクロコンピュータ器102の第1のフローチャート

【図17】第3の実施例におけるマイクロコンピュータ器102の第2のフローチャート

【図18】第3の実施例における動作説明用の波形図

【図19】本発明の第4の実施例における回路構成図

【図20】第4の実施例におけるマイクロコンピュータ器312の第1のフローチャート

【図21】第4の実施例におけるマイクロコンピュータ器312の第2のフローチャート

【図22】第4の実施例におけるPWM器303及び電力供給部23の回路構成図

【図23】従来のブラシレスモータの構成図

【符号の説明】

10 ロータ回転軸

12, 12a, 12b, 12c, 12d 永久磁石

13 外側ヨーク

14 ステータ鉄心

A1~A4, B1~B4, C1~C4, 20A~20C

駆動巻線

17, 211a~211c 検出素子

21 駆動指令部

22 駆動制御器

23 電力供給部

24a, 24b, 24c 電流検出器

31a, 31b, 31c 上側駆動トランジスタ

33a, 33b, 33c 下側駆動トランジスタ

41, 201 回転検出器

10 42 時間計測器

43 駆動指令作成部

44 電気角推定器

45 指令作成器

101, 312 マイクロコンピュータ器

102, 313 タイマー器

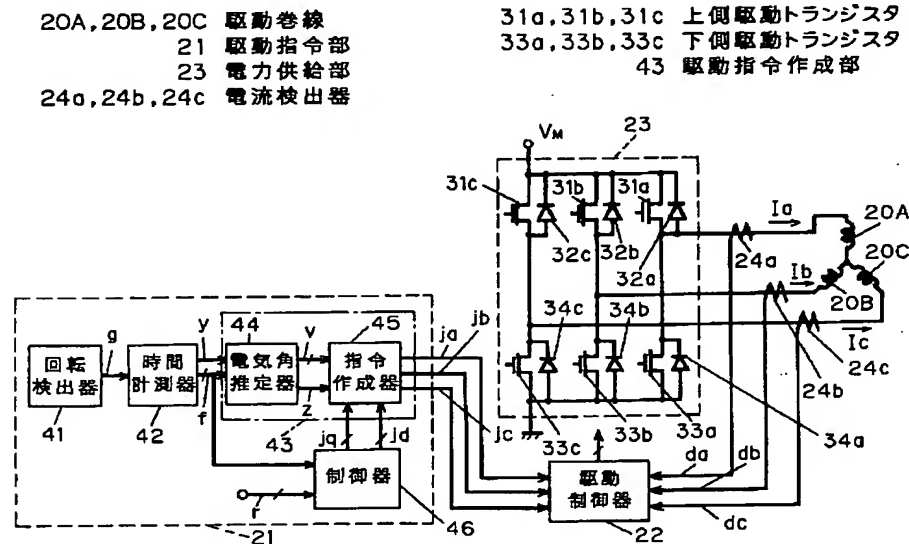
301 変換比較部

302 電流指令部

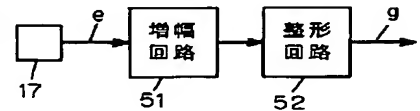
303 PWM器

311 演算部

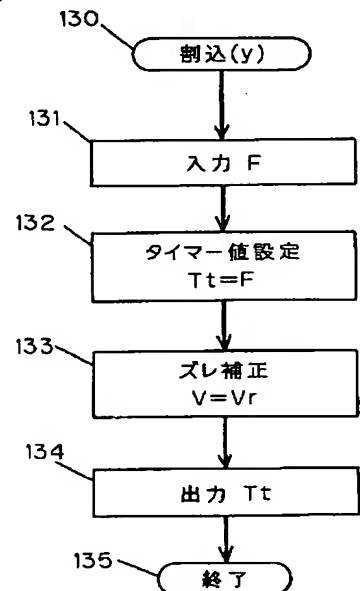
【図1】



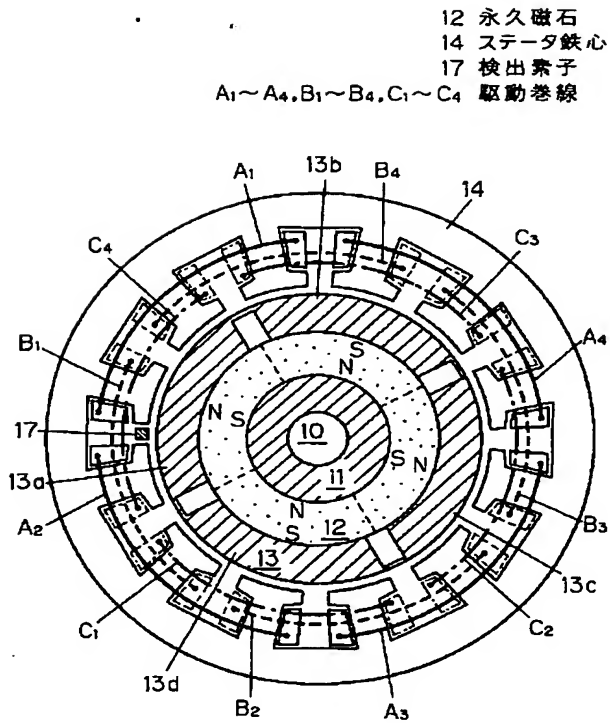
【図3】



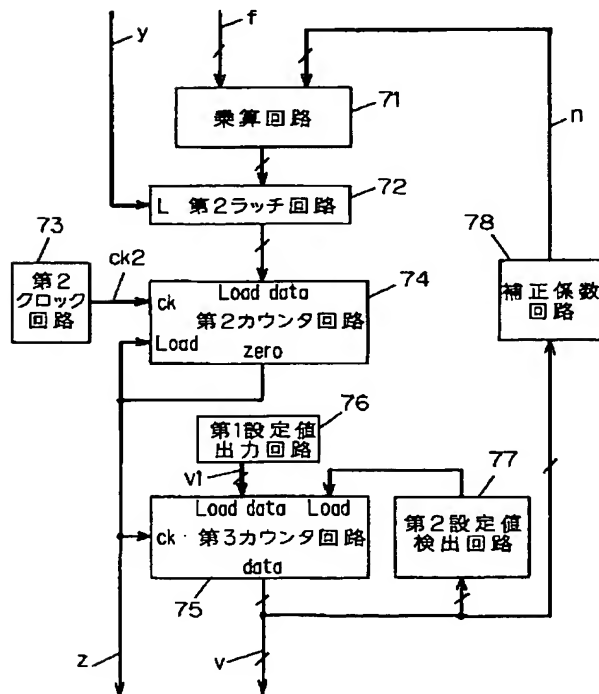
【図12】



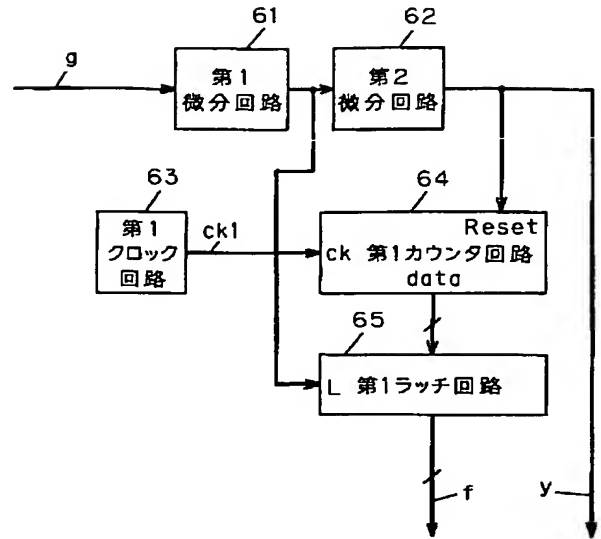
【図2】



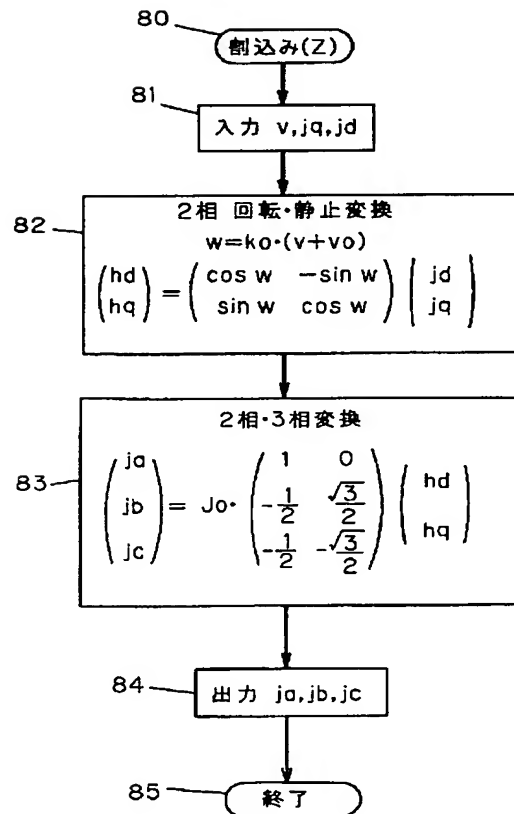
【図5】



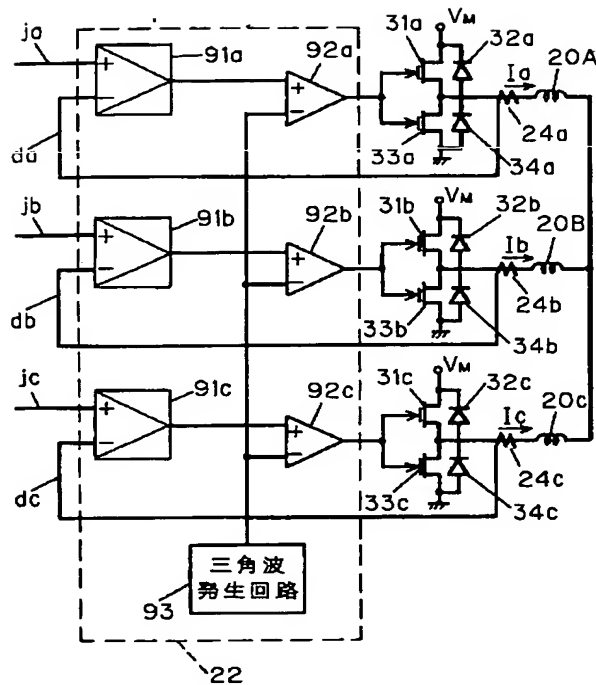
【図4】



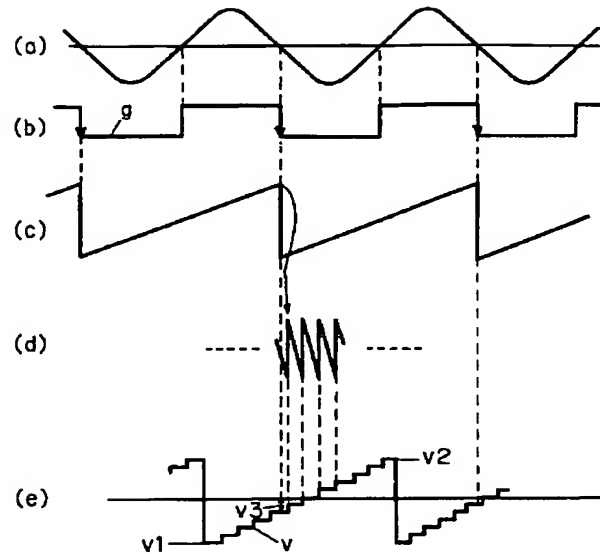
【図6】



【図 7】

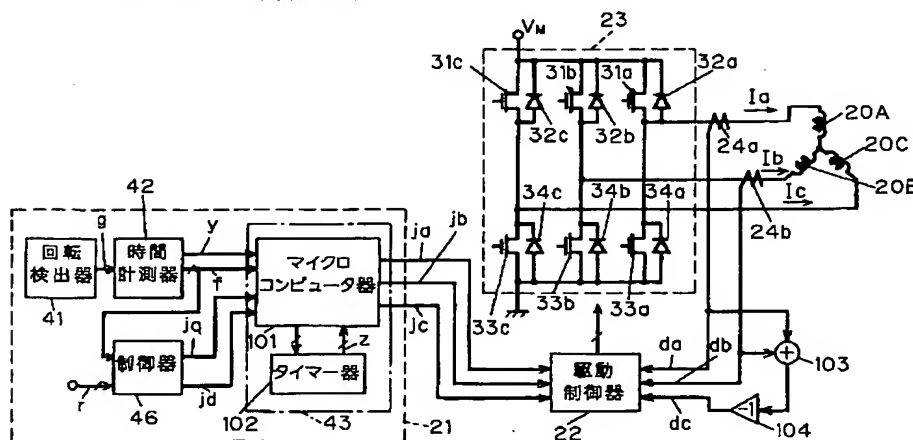


【図 8】

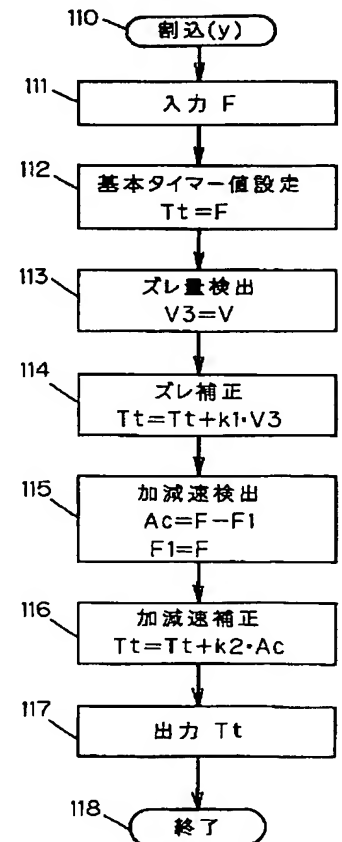


【図 9】

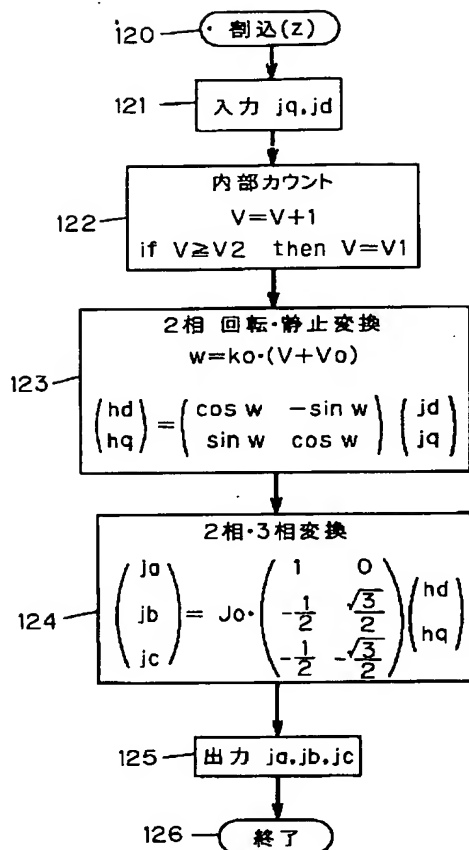
20A, 20B, 20C 駆動巻線
 21 駆動指令部
 23 電力供給部
 24a, 24b 電流検出器
 31a, 31b, 31c 上側駆動トランジスタ
 33a, 33b, 33c 下側駆動トランジスタ
 43 駆動指令作成部



【図 10】

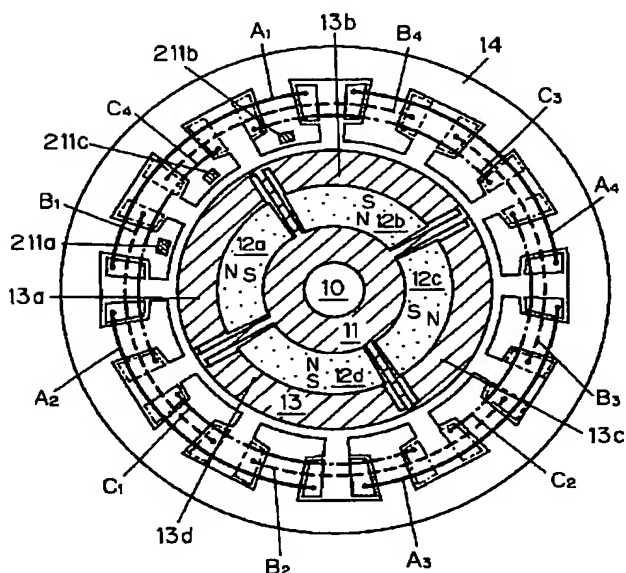


【図11】



【図14】

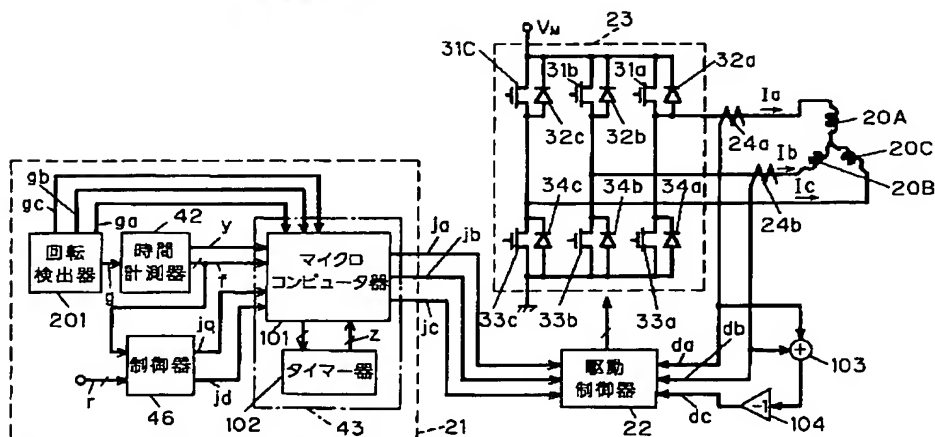
12a, 12b, 12c, 12d 永久磁石
14 ステータ鉄心
211a, 211b, 211c 検出素子
A₁~A₄, B₁~B₄, C₁~C₄ 駆動巻線



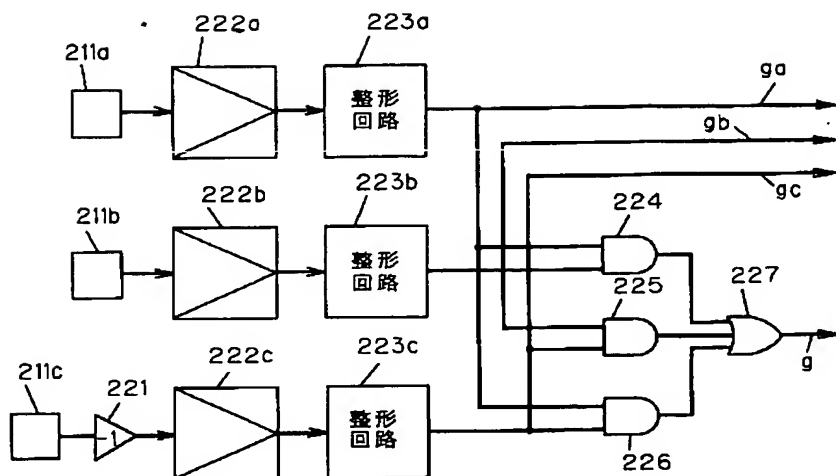
【図13】

20A, 20B, 20C 駆動巻線
21 駆動指令部
23 電力供給部
24a, 24b 電流検出器

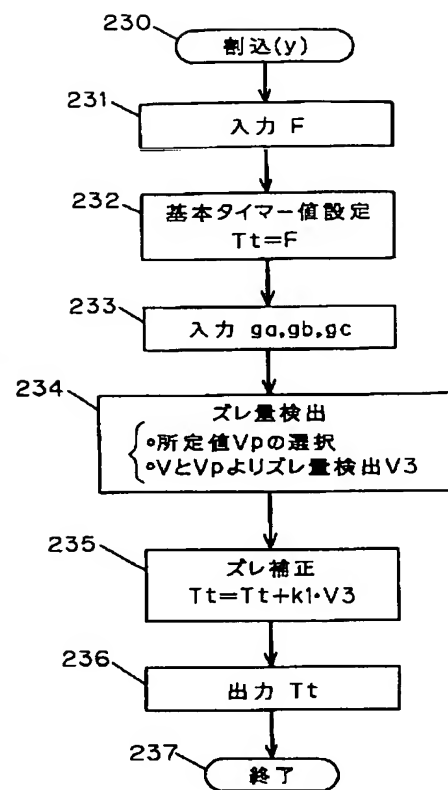
31a, 31b, 31c 上側駆動トランジスタ
33a, 33b, 33c 下側駆動トランジスタ
43 駆動指令作成部



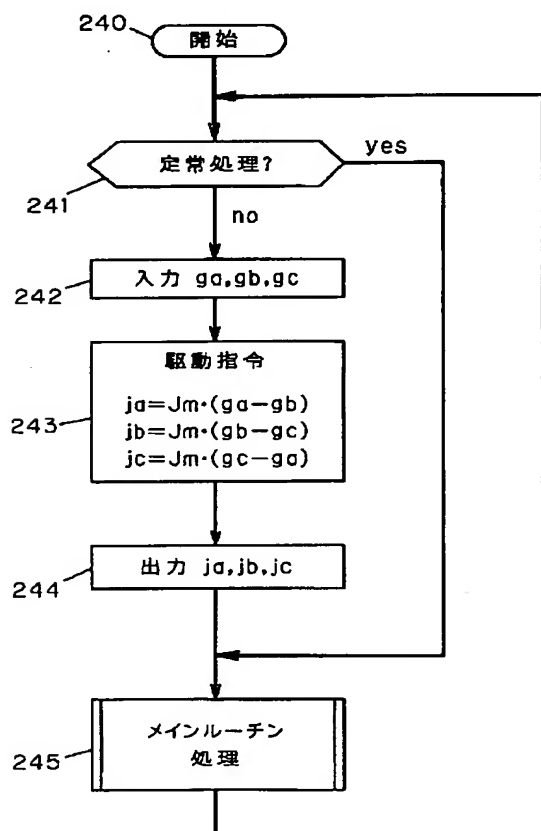
【図 15】



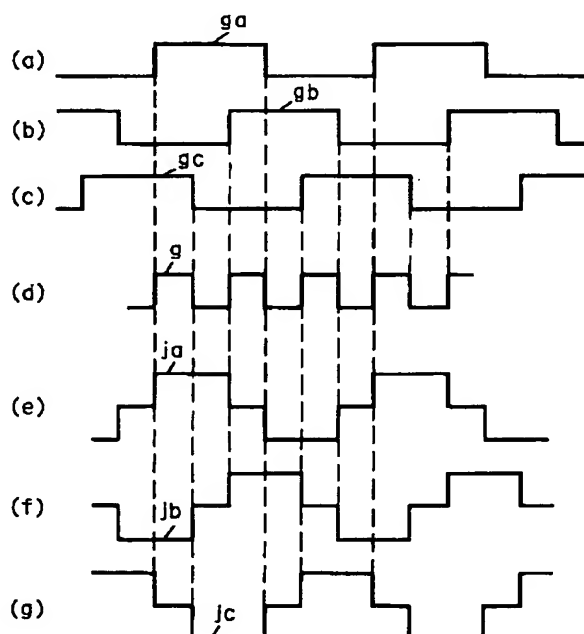
【図 16】



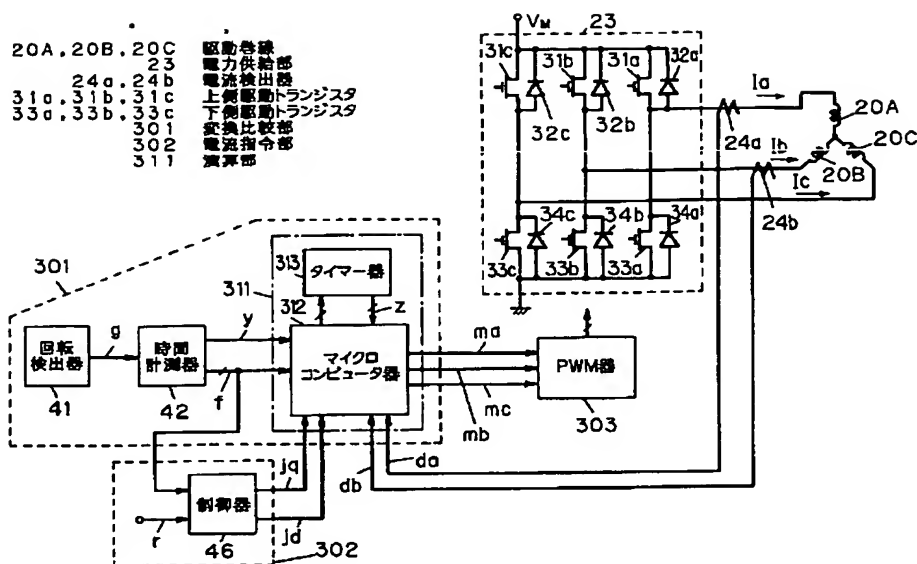
【図 17】



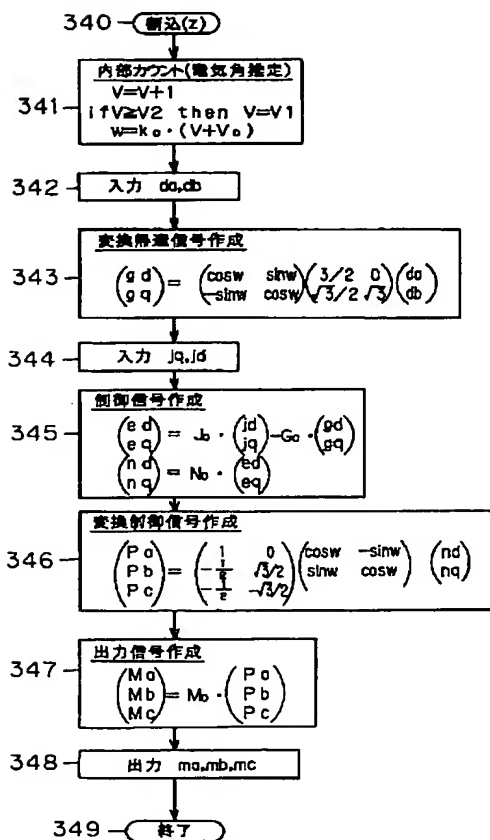
【図 18】



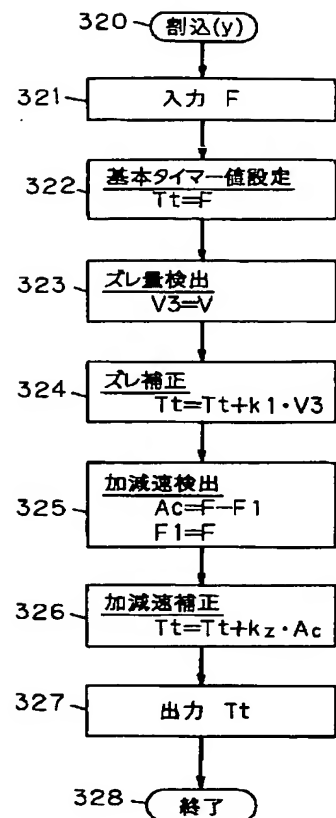
【図19】



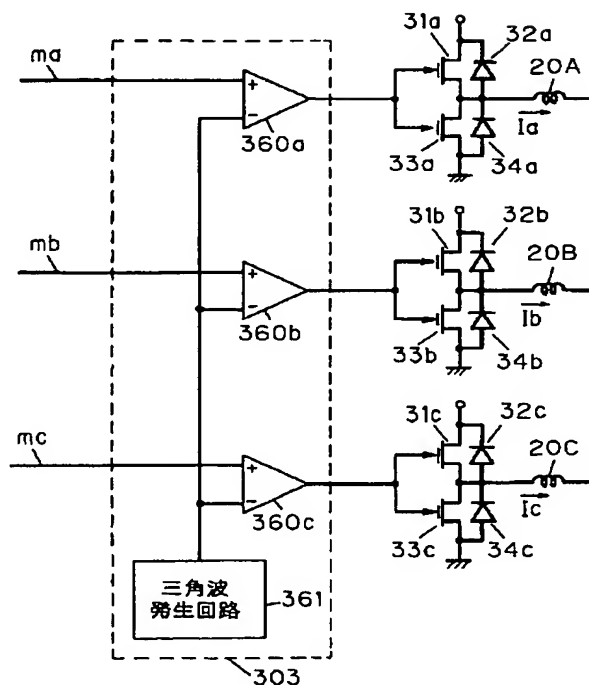
【図21】



【図20】



【図22】



の時間間隔を補正する加減速補正手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 6】駆動指令作成手段は、時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の駆動指令信号を作成する指令作成手段と、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段と、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段を含んで構成された請求項 1 記載のブラシレスモータ。

【請求項 7】駆動指令手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号により駆動指令信号を作成する起動用駆動指令作成手段も含んで構成された請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 8】駆動指令手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に応動するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 9】ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いて P 極（ここに、P は 2 以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交する K 相（ここに、K は 2 以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する複数個のトランジスタからなる駆動トランジスタ群と、前記ロータの回転を検知して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得て、前記駆動指令信号と前記電流帰還信号の比較結果に応じて前記駆動トランジスタ群を駆動制御する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する指令作成手段と、前記回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成されたブラシレスモータ。

【請求項 10】駆動指令手段は、さらに、加速・減速状態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の

出力に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段も含んで構成された請求項 9 記載のブラシレスモータ。

【請求項 11】駆動指令手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号により駆動指令信号を作成する起動用駆動指令作成手段も含んで構成された請求項 9 から請求項 10 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 12】駆動指令手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に応動するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項 9 から請求項 11 のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項 13】ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いて P 極（ここに、P は 2 以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交する K 相（ここに、K は 2 以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する複数個のトランジスタからなる駆動トランジスタ群と、電流指令信号を作成する電流指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得る電流検出手段と、前記電流指令信号と前記電流帰還信号を入力し、誤差検出動作を行う変換比較手段と、前記変換比較手段の出力信号に応じて前記駆動トランジスタ群を駆動制御し、前記駆動巻線に正弦波状の駆動電流を供給する駆動手段とを具備し、前記変換比較手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角を用いて前記電流帰還信号を座標変換した変換帰還信号を得る変換帰還手段と、前記変換帰還信号と前記電流指令信号の比較結果に応動する制御信号を得る制御作成手段と、前記推定電気角を用いて前記制御信号を座標変換した変換制御信号を得る変換制御作成手段と、前記変換制御信号に応動した前記出力信号を得る出力作成手段を含んで構成されたブラシレスモータ。

【請求項 14】変換比較手段は、さらに、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成された請求項 13 記載のブラシレスモータ。

【請求項 15】変換比較手段は、さらに、回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおいて推定電気角を所定値に補正するズレ補正手段を含んで構成された請求項 13 記載のブラシレスモータ。

【請求項 16】変換比較手段は、さらに、加速・減速状

態を検出する加減速検出手段と、前記加減速検出手段の出力に応じて内部タイミング信号の時間間隔を補正する加減速補正手段を含んで構成された請求項13から請求項15のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項17】変換比較手段は、さらに、ロータの回転位置に対応した回転位置信号を出力する位置検出手段と、起動時に前記回転位置信号に応動して変換比較手段の出力信号を変化させる手段も含んで構成された請求項13から請求項16のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項18】変換比較手段は、回転時に駆動巻線に発生する逆起電圧に応動するパルス信号を得る回転検出手段を用いた請求項13から請求項17のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する複数個のトランジスタからなる駆動トランジスタ群と、前記ロータの回転を検知して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動指令信号に応動して前記駆動トランジスタ群を駆動制御し、正弦波状の駆動電流を前記駆動巻線に供給する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転速度に反比例したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記タイミング間隔よりも短い時間間隔であって、前記時間計測手段の計測結果に応動した前記時間間隔毎に推定電気角を変化させ、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する駆動指令作成手段とを含んで構成したものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】また、この目的を達成するための具体的な構成では、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK

相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する複数個のトランジスタからなる駆動トランジスタ群と、前記ロータの回転を検知して正弦波状の駆動指令信号を作成する駆動指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得て、前記駆動指令信号と前記電流帰還信号の比較結果に応じて前記駆動トランジスタ群を駆動制御する駆動手段とを具備し、前記駆動指令手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転速度に反比例したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角に対応した正弦波状の前記駆動指令信号を作成する指令作成手段と、前記回転検出手段のパルス信号の発生タイミングにおける前記推定電気角と所定値とのズレ量を検出するズレ量検出手段と、前記ズレ量に応じて前記内部タイミング信号の時間間隔を補正するズレ補正手段を含んで構成したものである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】また、この目的を達成するための他の具体的な構成では、本発明のブラシレスモータは、ロータに取り付けられ、永久磁石の発生磁束を用いてP極（ここに、Pは2以上の偶数）の界磁磁極を形成した界磁部と、ステータに取り付けられ、前記界磁部の磁束に鎖交するK相（ここに、Kは2以上の整数）の駆動巻線と、前記駆動巻線に電力を供給する複数個のトランジスタからなる駆動トランジスタ群と、電流指令信号を作成する電流指令手段と、前記駆動巻線への供給電流に対応した電流帰還信号を得る電流検出手段と、前記電流指令信号と前記電流帰還信号を入力し、誤差検出動作を行う変換比較手段と、前記変換比較手段の出力信号に応じて前記駆動トランジスタ群を駆動制御し、前記駆動巻線に正弦波状の駆動電流を供給する駆動手段とを具備し、前記変換比較手段は、前記ロータの回転に同期して変化するパルス信号を得る回転検出手段と、前記パルス信号より前記ロータの回転に同期したタイミング間隔を計測する時間計測手段と、前記時間計測手段の計測結果に応動した時間間隔毎に内部タイミング信号を得て、前記内部タイミング信号の発生に応動して推定電気角を変化させる電気角推定手段と、前記推定電気角を用いて前記電流帰還信号を座標変換した変換帰還信号を得る変換帰還手段と、前記変換帰還信号と前記電流指令信号の比較結果に応動する制御信号を得る制御作成手段と、前記推定電気角を用いて前記制御信号を座標変換した変換制御信号を

得る変換制御作成手段と、前記変換制御信号に応動した前記出力信号を得る出力作成手段を含んで構成したものである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】 $dc = -(da + db)$

従って、加算器103によって2相分の電流帰還信号da, dbを加算し、反転増幅器104によって加算結果の符号を反転すれば、残りの相の電流帰還信号dcを得ることができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】内部カウント値Vから位相あわせを行った変換用電角w（推定電角相当値Vを用いて得られた座標変換に用いる電角）を計算する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0079

【補正方法】変更

【補正内容】

【0079】 $w = k0 \cdot (V + V0)$

ここに、k0は比例係数、V0は位相シフト値である。

(3) 入力処理342

電流帰還信号da, dbをAD変換して、デジタル入力する。

(4) 変換帰還信号作成処理343

電角wを用いて、電流帰還信号da, dbに対して静止座標系と回転座標系の間の座標変換を行い、座標変換された変換帰還信号gd, gqを下式により求める。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0081

【補正方法】変更

【補正内容】

【0081】上式では、2相の電流帰還信号da, dbから直接的に変換帰還信号gd, gqを求めた。これは、2相の電流帰還信号da, dbから残りの1相分の電流帰還信号dcを求めて、da, db, dcを3相・2相変換し、さらに、電角wによる座標変換を行ったものと等価になる。

(5) 入力処理344

電流指令信号jq, jdを入力する。

(6) 制御信号作成処理345

下式により、電流指令信号jd, jqと変換帰還信号g

d, gqを比較し、誤差信号ed, eqを得る。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0085

【補正方法】変更

【補正内容】

【0085】ここに、Noは所定の定数である（（数5）の制御演算では比例制御を行うようにしたが、比例・積分制御演算や比例・積分・微分制御演算を行うようにしても良い。）。

(7) 変換制御信号作成処理346

電角wを用いて、制御信号nd, nqに対して回転座標系と静止座標系の間の座標変換を行い、座標変換された変換制御信号pa, pb, pcを下式により求める。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正内容】

【0087】上式は、制御信号nd, nqを電角wによる座標変換した後に、2相・3相変換したものに对应している。

(8) 出力信号作成処理347

下式により、変換制御信号pa, pb, pcに応動する出力信号ma, mb, mcを得る。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器101の第1のフローチャート

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器101の第2のフローチャート

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】第2の実施例におけるマイクロコンピュータ器101の第1のフローチャート（図10）の代わりに用いられる第3のフローチャート

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図16

【補正方法】変更

【補正内容】

【図16】第3の実施例におけるマイクロコンピュータ器101の第1のフローチャート

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図17

【補正方法】変更

【補正内容】

【図17】第3の実施例におけるマイクロコンピュータ器101の第2のフローチャート

【手続補正16】

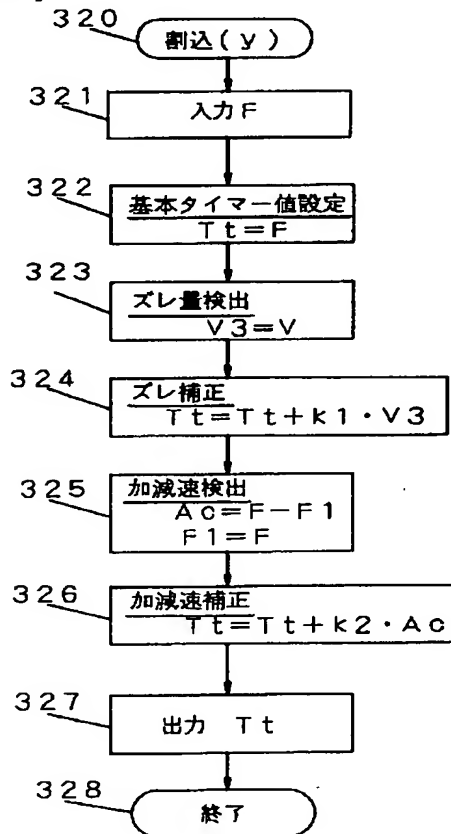
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図20

【補正方法】変更

【補正内容】

【図20】



【手続補正17】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図21

【補正方法】変更

【補正内容】

【図21】

